$$U = RI$$

Guida tecnica

La distribuzione in bassa tensione

Guida tecnica

Schemi di collegamento a terra

Uno schema di collegamento a terra o "regime di neutro" in una rete a bassa tensione, viene definito da due lettere:

La **prima** definisce il collegamento a terra del secondario del trasformatore (molto spesso il punto-neutro)	collegato a terra	T	T	collegate a terra	La **seconda** definisce il collegamento a terra delle masse
	isolato a terra	I	T	collegate a terra	
	collegato a terra	T	N	collegate al neutro	

TT: regime "Neutro a terra"

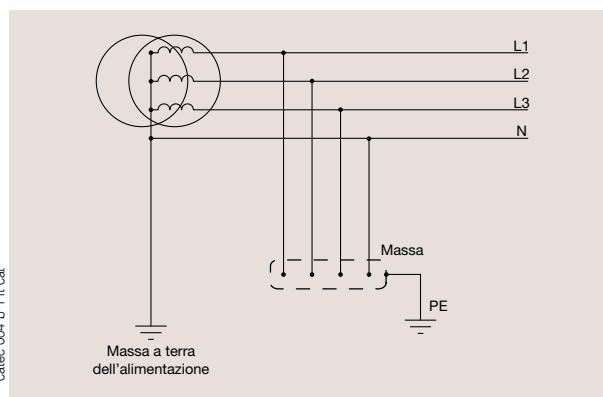
Questo regime di neutro viene imposto dall'ENEL per le reti di distribuzione pubblica in bassa tensione in Italia.

In caso di guasto d'isolamento, c'è il distacco parziale o totale degli utilizzatori.

L'apertura è obbligatoria al primo guasto.

L'insieme dei carichi deve essere dotato di una protezione differenziale istantanea.

La protezione differenziale può essere generale o suddivisa, in funzione dei tipi e dell'importanza dell'installazione.

Questo regime si incontra nei seguenti casi: domestico, piccolo terziario, piccole officine, stabilimenti scolastici con laboratori di esercitazione, ecc.

TN: regime "Collegamento con neutro a terra"

Questo principio di distribuzione è usato in ogni installazione in cui è tollerata un'apertura al primo guasto.

La messa in opera e l'utilizzo di questo tipo di rete sono economici ma necessitano di un'istallazione molto precisa dei circuiti di protezione.

I conduttori del neutro (N) e di protezione (PE) possono essere identici (TN-C) o separati (TN-S).

Schema TN-C

Il conduttore PEN (Protezione e Neutro) non deve mai essere sezionato. I conduttori PEN devono avere una sezione superiore a 10 mm² se in rame e a 16 mm² se in alluminio e non devono comprendere installazioni mobili (cavi flessibili).

La funzione di "protezione" del conduttore PEN è prevalente rispetto alla funzione di "neutro".

Schema TN-S

Una rete TN-S può essere creata a valle di una rete TN-C, mentre il contrario è vietato. Di solito, i conduttori di neutro nel regime TN-S sono sezionati, non vengono protetti e le loro sezioni sono obbligatoriamente uguali a quelle delle fasi corrispondenti.

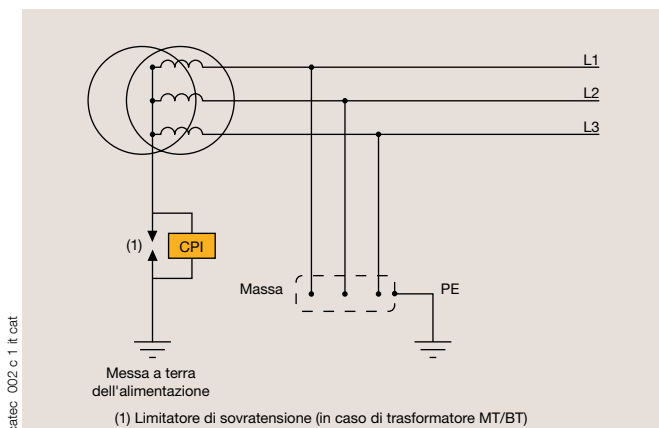
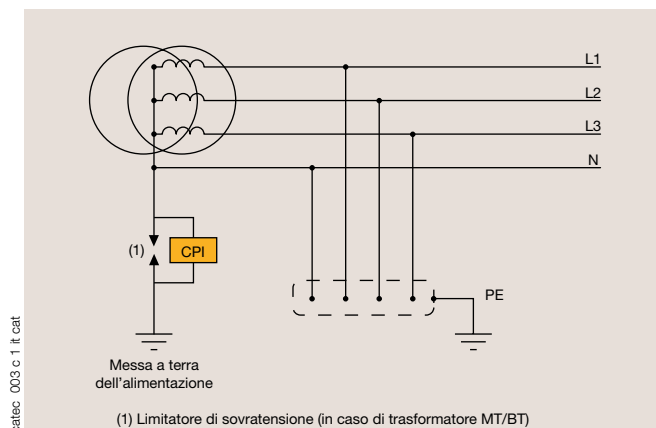
Schema TNC-S

Il termine schema TNC-S definisce una distribuzione nella quale i conduttori di neutro e i conduttori di protezione sono posti in una parte dell'installazione e distinti dal resto dell'installazione.

IT : regime "Neutro isolato"

Questo regime di neutro viene usato per garantire la continuità di esercizio della rete cioè quando l'apertura al primo guasto d'isolamento è compromettente per il buon funzionamento dell'impianto o per la sicurezza delle persone.
L'utilizzo di questo regime impone la presenza costante di personale competente sul luogo per interventi veloci al momento del primo guasto d'isolamento, per garantire la continuità d'esercizio prima che si verifichi un eventuale secondo guasto che provocherebbe il fuori servizio dell'impianto.
Un limitatore di sovratensione è obbligatorio per permettere di scaricare a terra eventuali sovratensioni provenienti da installazioni in alta tensione (guasto del trasformatore in alta o media tensione, manovre, fulmine…).

La protezione delle persone è assicurata da:
- l'interconnessione e la messa a terra delle masse,
- il monitoraggio del primo guasto tramite CPI (Controllore Permanente d'Isolamento),
- l'apertura al secondo guasto mediante i dispositivi di protezione contro le sovracorrenti o mediante i dispositivi differenziali.

Questo regime viene usato, per esempio, negli ospedali (sale operatorie) o nei circuiti di sicurezza (illuminazione) e nelle industrie in cui la continuità di esercizio è fondamentale o quando si vuole ridurre considerevolmente i rischi di incendio o di esplosione per la debole corrente di guasto.

Schema IT senza neutro distribuito.

Schema IT con neutro distribuito.

Tensioni, sovratensioni

Classificazione degli impianti

In Bassa Tensione, gli impianti si possono suddividere in due parti secondo la norma IEC 60364 e tre parti secondo il decreto del 14.11.88.

Classificazione		Tensione nominale U_n	
Decreto	IEC	AC	DC
BT : Bassissima Tensione	I	≤ 50 V	≤ 120 V
BTA : Bassa Tensione A	II	50 V < U_n ≤ 500 V	120 V < U_n ≤ 750 V
BTB : Bassa Tensione B	II	500 V < U_n ≤ 1000 V	750 V < U_n ≤ 1500 V

Tensione normalizzata in AC

In monofase: 230 V.

In trifase: 230 V / 400 V e 400 V / 690 V.

Evoluzione delle tensioni e delle tolleranze (IEC 60038)

Periodi	Tensioni	Tolleranze
Prima del 1983	220 V / 380 V / 660 V	± 10 %
Dal 1983 a 2003	230 V / 400 V / 690 V	+ 6 % / - 10 %
Dopo il 2003	230 V / 400 V / 690 V	± 10 %

Protezione contro le sovratensioni transitorie

E' assicurata :

Dalla scelta dell'apparecchiatura in funzione di U_{imp}

Le norme IEC 60364 definiscono 4 categorie d'uso:

Categoria	Descrizione
Categoria I	Materiali o componenti elettronici con Uimp bassa. *Es.: circuiti elettronici*
Categoria II	Apparecchi d'uso destinati a essere connessi all'impianto elettrico dell'edificio. *Es.: - attrezzatura portatile…* *- informatico, TV, Hifi, allarmi, elettrodomestici con programmazione elettronica…*
Categoria III	Apparecchi appartenenti a installazioni fisse e altri apparecchi per i quali è richiesto un livello più alto di affidabilità. *Es.: - armadi di distribuzione…* *- installazioni fisse, motori…*
Categoria IV	Apparecchiatura situata all'origine dell'installazione o vicina all'origine dell'installazione a monte del quadro di distribuzione. *Es.: - sensori, trasformatori…* *- apparecchi principali di protezione contro le sovracorrenti*

Sovratensione in kV secondo la classe d'utilizzo

Rete trifase	Rete monofase	IV	III	II	I
230 V / 400 V	230 V	6	4	2,5	1,5
400 V / 690V		8	6	4	2,5
690 V / 1000 V		Xx			

(Xx) Valori proppposti dai costruttori delle apparecchiature. Di default, i valori della riga qui sopra possono essere scelti.

Dagli scaricatori *(vedere pagina 739)*

N.B.: Le sovratensioni di origine atmosferica non subiscono attenuazione significativa a valle nella maggiore parte delle installazioni.
Di conseguenza, la scelta delle categorie di sovratensioni degli apparecchi non è sufficiente per eseguire una protezione contro le sovratensioni.
Un'analisi dei rischi adatta deve essere realizzata per definire gli scaricatori necessari ai diversi livelli dell'impianto.

Rigidità dielettrica a 50 Hz

Le apparecchiature dell'impianto B.T. devono avere le seguenti rigidità dielettriche :

Durata	Tensione ammissibile (V)
> 5	U_0 + 250
≤ 5	U_0 + 1200

Qualità dell'energia

Le tolleranze di solito ammesse (EN 50160) per un buon funzionamento di una rete che comporta dei carichi sensibili alle perturbazioni (componenti elettronici, materiale informatico…) sono sintetizzate nelle rubriche seguenti.

Buchi di tensione e interruzioni

Definizione

Un buco di tensione è una diminuzione dell'ampiezza della tensione per un tempo compreso tra 10 ms e 1 sec.
La variazione di tensione è espressa in % della tensione nominale (tra 10 e 100 %). Un buco di tensione del 100 % è detta interruzione.
Seguendo il tempo t di apertura, si distinguono:
- 10 ms < t < 1 sec.: le micro interruzioni dovute, per esempio, alle richiusure rapide su guasti transitori…
- 1 sec. < t < 1 min.: le interruzioni brevi dovute al funzionamento delle protezioni, alla messa in servizio degli apparecchi con elevata corrente di spunto…
- 1 min. < t : le interruzioni lunghe dovute di solito alla rete ad alta tensione.

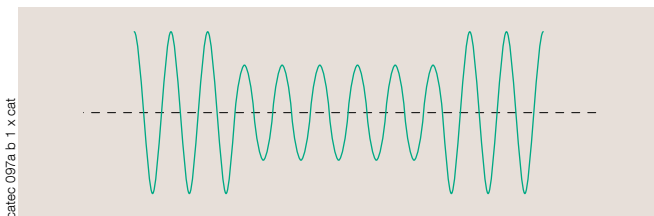
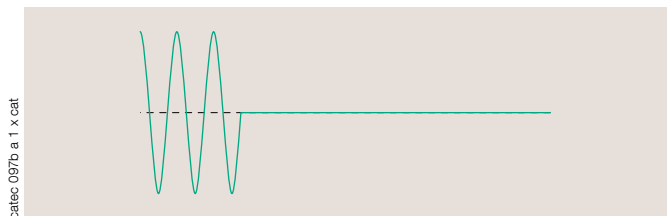
Buchi di tensione secondo la norma EN 50160 (condizione)

	Tolleranze		
	normale	eccezionale	in funzione dei carichi
Numero	da x 10 a x 1000	1000	Elevato
Durata	< 1 s	> 1 s	
Profondità	< 60 %	> 60 %	tra 10 e 15 %

Interruzioni brevi secondo la norma EN 50160 (per periodo di un anno)

	Tolleranze
Numero	n da x 10 a x 1000
Durata	< 1 s per 70 % di n

Aperture lunghe secondo la norma EN 50160 (per periodo di un anno)

	Tolleranze
Interruzioni	n da x 10 a x 1000
Durata	> 3 min

Buco di tensione.

Interruzioni.

Conseguenza dei buchi di tensione e delle Interruzioni

Apertura dei contattori (buco > 30 %).
Perdita di sincronismo dei motori sincroni, instabilità dei motori asincroni.
Applicazioni informatiche: perdite di informazioni…
Interferenza dell'illuminazione con lampade a scarica (spegnimento a causa della cadute del 50 % per 50 ms, la riaccensione avviene soltanto dopo qualche minuto.

Soluzioni

Qualunque sia il tipo di carico :
- utilizzo di un UPS (gruppo di continuità),
- modificare la struttura della rete *(vedere pagina 658)*

Secondo il tipo di carico :
- alimentazione delle bobine dei contattori con tensioni concatenate,
- aumento dell'inerzia dei motori,
- uso di lampade a riaccensione immediata.

Qualità dell'energia (seguito)

Variazioni di frequenza

Esse sono dovute di solito a delle défaillances dei gruppi elettrogeni. La soluzione consiste nell'utilizzare dei convertitori statici o degli UPS.

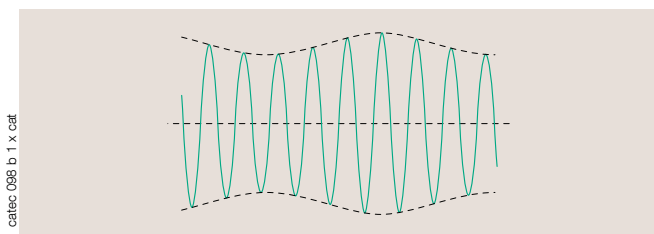
Frequenza in rete BT (U_n = 230 V) e rete MT (1 < U_n ≤ 35 kV) secondo la norma EN 50160 (per periodo di dieci secondi)

	Tolleranze	
	Rete interconnessa	Rete non interconnessa (isolata)
99,5 % dell'anno	50 Hz ± 1 %	50 Hz ± 2 %
100 % del tempo	50 Hz ± 4 % a -6 %	50 Hz ± 15 %

Variazione della tensione e Flicker

Definizione

Il flicker è uno sfavillio della luce dovuto alle rapide variazioni della tensione. Produce un effetto sgradevole per le persone. Le rapide variazioni di tensione sono dovute agli apparecchi in cui la potenza assorbita varia molto rapidamente: forni ad arco, macchine per saldatura, laminatoi…

catec 098 b 1 x cat

Soluzioni

- UPS (per i piccoli carichi).
- inserimento di induttanze o batterie di condensatori nel circuito dei carichi.
- Collegamento ad un trasformatore dedicato ad alta, media e bassa tensione (forni ad arco).

Variazione della tensione secondo la norma EN 50160 (per periodo di una settimana)

x % del numero di U_n eff con media su 10 min	Tolleranze
95 %	U_n ± 10 %
100 %	U_n + 10 % a U_n - 15 %

Variazione rapida della tensione secondo la norma EN 50160

	Tolleranze
Di solito	5 % di U_n
Eventualmente	10 % di U_n

Effetto di sfavillio (effetto Flicker) secondo la norma EN 50160 (per periodo di una settimana)

	Tolleranze
95 % del tempo	P_{LT} ≤ l

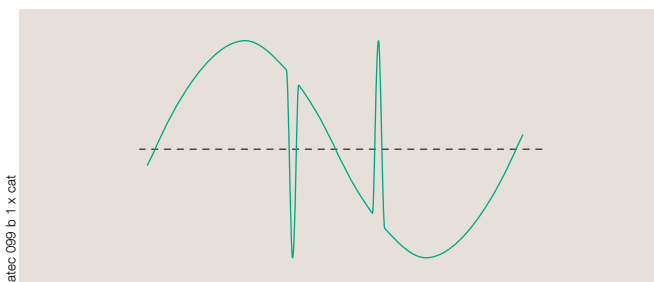
Sovratensioni temporanee (a causa dello spostamento del punto della tensione concatenata)

	Tolleranze
Guasto a monte del trasformatore	< 1,5 kV

Sovratensioni transitorie

Definizione

I fenomeni transitori sono essenzialmente costituiti da sovratensioni molto elevate (fino a 20 kV) e veloci dovute:
- ai fulmini,
- alle manovre o ai guasti sulla rete in alta tensione,
- agli archi elettrici dell'apparecchiatura,
- alle commutazioni di carichi induttivi,
- all'alimentazione di circuiti fortemente capacitivi:
  - reti di cavi estese,
  - macchine che provocano delle perturbazioni sulla rete.

catec 099 b 1 x cat

	Tolleranze
Valore	di solito < 6 kV
Tempo di salita	da µs a x ms

Effetti

- Sganci intempestivi dei dispositivi di protezione,
- Distruzione di materiali elettronici (schede di PLC, variatori di velocità…),
- Rottura della guaina di isolamento dei cavi,
- Surriscaldamento e invecchiamento prematuro delle apparecchiature dei sistemi informatici.

Soluzioni

- Utilizzo di scaricatori e limitatori di sovratensioni.
- Aumento della potenza di cortocircuito della sorgente.
- Corretta realizzazione della messa a terra in alta, media e bassa tensione.

Qualità dell'energia (seguito)

Armoniche

Definizione

Le componenti armoniche di corrente o di tensione sono delle correnti o tensioni "parassite" della rete elettrica. Esse deformano l'onda sinusoidale di corrente o di tensione e provocano:
- aumento del valore efficace della corrente,
- circolazione di una corrente nel neutro, anche superiore alla corrente di fase,
- saturazione dei trasformatori,
- perturbazioni nelle reti con piccole correnti,
- sgancio intempestivo delle apparecchiature di protezione…
- misure sbagliate (corrente, tensione, energia…).

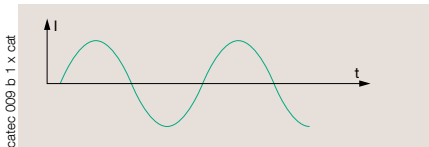
Le armoniche di corrente sono dovute ai trasformatori di corrente, agli archi elettrici (forni ad arco, saldatrici, lampade fosforescenti o a scarica) e soprattutto ai carichi non lineari quali raddrizzatori e convertitori statici (elettronica di potenza). Questi carichi sono detti carichi deformanti (vedere qui di seguito). Le armoniche di tensione sono dovute alla circolazione delle armoniche di corrente nell'impedenza delle reti e dei trasformatori.

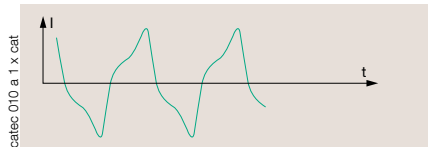
Tensioni di armoniche

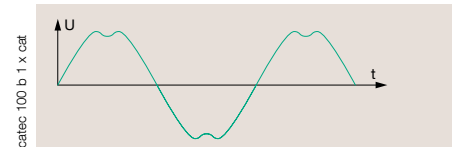
In un periodo di una settimana, 95 % delle tensioni di armoniche con media su 10 min. devono essere inferiori ai valori della tabella seguente. In più, il THD globale sulle tensioni deve essere inferiore a 8 % (anche fino al grado convenzionale 40).

Valore massimo delle tensioni di armoniche nel punto di fornitura in % di U_n.

Armoniche dispari				Armoniche pari	
non multiplo di 3		multiplo di 3			
Grado H	% UC	Grado H	% UC	Grado H	% UC
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6 a 24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19 a 25	1,5				

catec 009 b 1 x cat

Corrente "sinusoidale" fondamentale.

catec 010 a 1 x cat

Corrente deformata dalle armoniche.

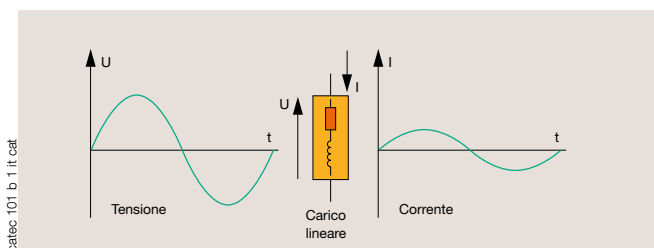
catec 100 b 1 x cat

Tensione deformata dalle armoniche.

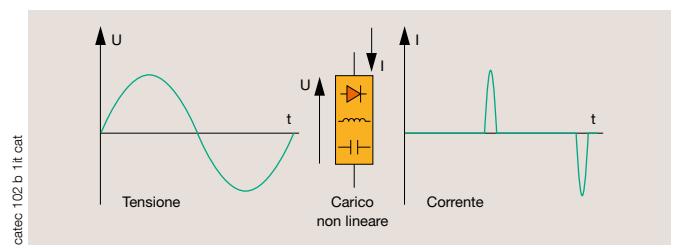
Soluzioni

- Induttanza di linea.
- Utilizzo di raddrizzatori.
- Declassamento degli apparecchi.
- Aumento della potenza di cortocircuito.
- Alimentazione dei carichi perturbanti tramite UPS.
- Utilizzo di filtri.
- Aumento delle sezioni dei conduttori.
- Sovradimensionamento delle apparecchiature.

Carichi lineari - carichi deformanti

Un carico è detto lineare quando la corrente che lo attraversa ha la stessa forma della tensione:

catec 101 b 1 it cat

Un carico è detto deformante quando la forma della corrente non corrisponde più alla forma della tensione:

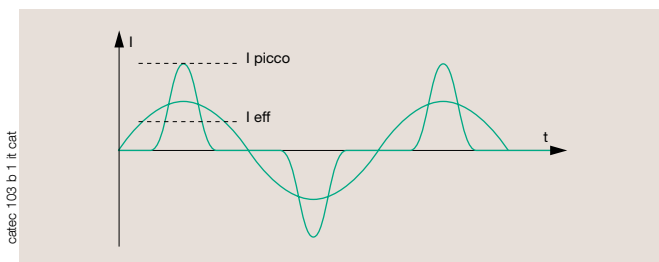
catec 102 b 1it cat

I carichi deformanti producono una corrente di circolazione nel conduttore di neutro che può essere molto superiore al valori della corrente di fase.

Qualità dell'energia (seguito)

Armoniche (seguito)

Fattore di picco (fc)

Nel caso dei carichi deformanti, la deformazione della corrente può essere caratterizzata dal fattore di picco:

$$fc = \frac{Ipicco}{I_{eff}}$$

Tensione deformata dalle armoniche.

Esempi di valori di fc:
- carico resistivo (sinusoide fondamentale): $\sqrt{2}$ = 1,414,
- unità centrale informatica: 2 a 2,5,
- computer tipo PC: 2,5 a 3,
- stampanti: 2 a 3.

Alcuni di questi valori del fattore di picco mostrano che l'onda di corrente può essere molto lontana dalla sinusoide fondamentale.

Ordine delle armoniche

Le frequenze delle armoniche sono multipli della frequenza della rete (50 Hz). Il fattore di moltiplicazione è detto ordine dell'armonica.

Esempio: Armonica di corrente di ordine 5 ha una frequenza di 5 x 50 Hz = 250 Hz. Armonica di corrente di ordine 1 è detta "fondamentale".

Armoniche di corrente presenti sulla rete

La corrente circolante nella rete è la somma della corrente sinusoidali del primo ordine (detta "fondamentale") e di un certo numero di armoniche di corrente dipendenti dal tipo di carico.

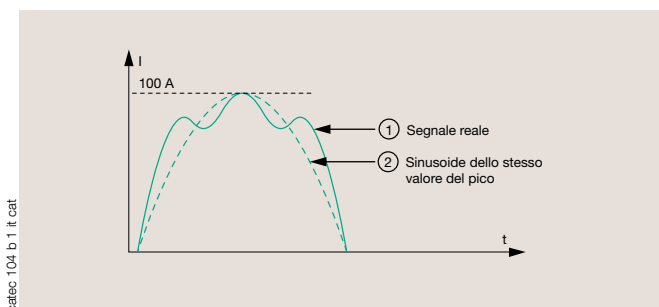
Tabella A: corrente armoniche presenti sulla rete

Fonti		Ordini delle armoniche																		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Raddrizzatori	1 impulso	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	2 impulsi		•		•		•		•		•		•		•		•		•	
	3 impulsi	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•		•	•
	6 impulsi				•		•				•		•				•		•	
	12 impulsi										•		•							
Lampade a scarica			•		•		•		•		•		•		•		•		•	
Forni ad arco			•		•		•		•		•		•		•		•		•	

Esempio: una lampada a scarica genera unicamente armoniche di corrente di ordine 3, 5, 7, 9, 11 e 13. Le armoniche di ordine pari (2, 4, 6…) sono assenti.

Perturbazione degli apparecchi di misura

Gli apparecchi di misura ad indice di tipo ferromagnetico (amperometri, voltmetri…) sono concepiti per misurare delle grandezze sinusoidali ad una frequenza specifica (di solito 50-60 Hz). Lo stesso avviene per gli apparecchi digitali diversi dagli apparecchi campione. Questi apparecchi hanno una misura falsata in caso di segnale non sinusoidale cioè deformato dalle armoniche (vedere esempio qui sotto).

Solamente gli apparecchi che misurano i valori in vero RMS (o valore efficace) integrano le componenti del segnale e danno il valore efficace reale (esempio: il DIRIS).

Perturbazione della misura

Esempio:

Il segnale 1 è perturbato dalla presenza di un'armonica del 3° ordine. Il valore efficace di una sinusoidale dello stesso valore dal picco sarà:

$$\frac{100\ A}{\sqrt{2}} = 70\ A$$

Qualità dell'energia (seguito)

Armoniche (seguito)

Calcolo della corrente efficace

Di solito, il calcolo della corrente efficace è significativo per i primi ordini delle armoniche cioè fino all'ordine 10 o 20.

Per fase

$$I_{eff} = I^2_n + I^2_2 + I^2_3 + \ldots + I^2_k$$

I_n: corrente nominale

I2, I3… : armoniche di corrente di ordine 2, 3…

Sul neutro

$$I_{eff\ neutro} = \sqrt{I^2_{N3} + I^2_{N9} + \ldots}$$

Si sommano le armoniche di corrente di ordine dispari, multiple di 3.

I valori efficaci delle armoniche di corrente I2, I3, ecc. sono difficili da determinare (Consultarci precisandoci il tipo di carico, il fattore di picco, la potenza del carico e la tensione delle reti).

Esempio

Calcolo della corrente di fase e del neutro in una rete alimentata da un raddrizzatore a doppia pulsazione

- Fattore di picco: 2,5
- Carico 180 kVA : corrente efficace 50 Hz:

$$\frac{180\ \text{kVA}}{\sqrt{3} \times 400\ \text{V}} = 260\ \text{A}$$

Armoniche calcolate :

I2 =	182 A	50 Hz
I3 =	146 A	150 Hz
I5 =	96 A	250 Hz
I7 =	47 A	350 Hz
I9 =	13 A	450 Hz

- Le correnti armoniche di ordini più elevati sono trascurabili.

Corrente in una fase :

$$Ip = \sqrt{(182)^2 + (146)^2 + \ldots} = 260\ \text{A}$$

Corrente nel neutro :

$$I_{Neutro} = \sqrt{(3x146)^2 + (3 \times 13)^2} = 440\ \text{A}$$

La corrente nel neutro è superiore alla corrente di fase. Nel calcolo delle sezioni di collegamento, così come per la scelta delle apparecchiature,si dovrà opportunamente considerare questa differenza.

Tasso di distorsione totale e tasso di distorsione armonico

$$T = \frac{\sqrt{I^2_2 + I^2_3 + \ldots + I^2_k}}{I_{eff}}$$

La distribuzione in bassa tensione

Miglioramento della qualità della rete

Sorgenti alternative

I diversi tipi di sorgenti alternative sono descritti nella tabella qui sotto :

Tipi di sorgenti	Perturbazioni eliminate
Generatori sincroni alimentati dalla rete	• interruzione < 500 ms (seguendo il volano di inerzia) • picchi di tensione • variazioni di frequenza
UPS	Efficaci contro tutte le perturbazioni, tranne le interruzioni lunghe > da 15 min. a 1 ora (secondo la potenza installata e la potenza dell'UPS).
Generatori (autonomi)	Efficaci in tutti i casi, ma con una interruzione dell'alimentazione per la commutazione normale/emergenza.
UPS + generatori	Questa soluzione copre tutti i tipi di perturbazione elencati

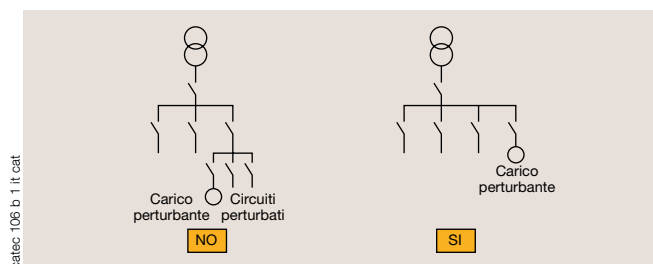
Le reti di soccorso che utilizzano dei gruppi elettrogeni sono classificate in diverse categorie o classificate secondo il tempo di risposta richiesto prima della ripartenza del carico :

Categoria	Tempo di intervento	Avviamento generatore	Commenti
D	non specificato	manuale	Tempo di salita in velocità e potenza dipendente delle temperature ambienti e motori
C	interruzione lunga ≤ 15 s	alla mancanza della rete	Mantenimento del riscaldamento del gruppo per permettere un avviamento immediato
B	interruzione corta ≤ 1 s	rotazione permanente	Avviamento rapido del motore grazie all'inerzia motrice. Motore in condizione di pre-riscaldamento
A	senza interruzione	collegato alla fonte	Ripresa immediata del carico in caso di apertura dell'alimentazione della rete.

Precauzioni di installazione

Isolare i carichi perturbanti

- Mediante una rete separata, partendo da un arrivo in media o alta tensione dedicato (per dei carichi importanti).
- Mediante la suddivisione dei circuiti: un guasto su un circuito deve interferire il meno possibile con un altro circuito.
- Mediante la separazione dei circuiti che alimentano carichi perturbanti. Questi circuiti sono separati dagli altri al livello più alto possibile dell'installazione in bassa tensione per beneficiare dell'indebolimento delle perturbazioni dovuta all'impedenza dei cavi.

catec 106 b 1 it cat

Scegliere un regime di neutro adatto

Il regime IT garantisce una continuità d'esercizio evitando, per esempio, l'apertura dei circuiti mediante lo sgancio intempestivo di un dispositivo differenziale in seguito alla perturbazione transitoria.

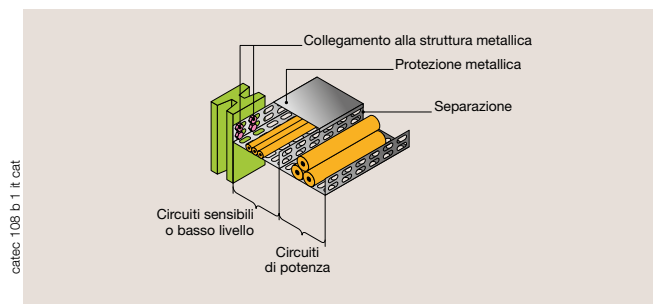
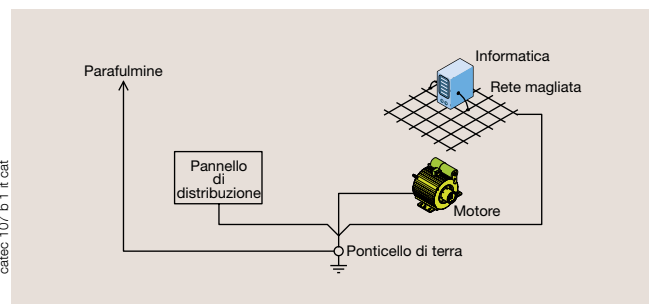
Assicurare la selettività delle protezioni

La selettività delle protezioni permette di limitare l'apertura solamente al circuito guasto *(vedere pagine da 700 a 703 e 725)*.

Curare la messa in posa della rete delle masse

- Mediante l'impianto di reti con masse proprie dedicate a certe applicazioni (informatica…); ogni rete viene magliata al fine di ottenere la migliore equipotenzialità possibile (la più piccola resistenza tra i diversi punti della rete di massa).
- Intercollegando queste masse a stella, il più vicino possibile al paletto di terra.
- Utilizzando i percorsi di cavi, delle canalizzazioni, dei tubi, delle linee metalliche regolarmente collegati alla massa e intercollegati tra loro.
- Separando i circuiti perturbanti dai circuiti più sensibili che vengono alimentati dalla stessa linea.
- Utilizzando il più possibile le masse meccaniche (armadi, strutture…) per realizzare delle masse equipotenziali.

catec 107 b 1 it cat

catec 108 b 1 it cat

Influenze esterne

Grado di protezione IP

Il grado di protezione è definito da due cifre e eventualmente da una lettera aggiunta.
Si scriverà per esempio : IP55 ou IPxxB (x significa : valore indifferente).

Le cifre e le lettere aggiunte sono definite qui sotto :

1ª cifra Protezione contro la penetrazione dei corpi solidi			2ª cifra Protezione contro la penetrazione dei liquidi			Lettera aggiunta (2)	Grado di protezione
IP	Tests		IP	Tests			Descrizione abbreviata
0		Nessuna protezione	0		Nessuna protezione		
1	ø 52,5 mm	Protetto contro i corpi solidi di diametro superiore o uguale a 50 mm	1		Protetto contro le cadute verticali di gocce d'acqua (condensa)	A	Protetto contro l'accesso della mano
2(1)	ø 12,5 mm	Protetto contro i corpi solidi di diametro superiore o uguale a 12 mm	2	15°	Protetto contro le cadute di gocce d'acqua fino a 15° dalla verticale	B	Protetto contro l'accesso con un dito
3	ø 2,5 mm	Protetto contro i corpi solidi di diametro superiore o uguale a 2,5 mm	3	60°	Protetto contro l'acqua a pioggia fino a 60° dalla verticale	C	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
4	ø 1 mm	Protetto contro i corpi solidi di diametro superiore o uguale a 1 mm	4		Protetto contro i getti d'acqua in tutte le direzioni	D	Protetto contro l'accesso con un filo
5		Protetto contro le polveri (nessun deposito nocivo)	5		Protetto contro i getti d'acqua dall'idrante in tutte le direzioni		
6		Totalmente protetto contro le polveri	6		Protetto contro i getti d'acqua assimilabili a grosse onde		
Le due prime cifre caratteristiche sono definite nello stesso modo dalle norme NF EN 60529, IEC 60529 e DIN 40050			7	1m 15cm mini	Protetto adatta all'immersione		

Nota
(1) La seconda cifra è determinata da due prove:
- *nessuna penetrazione di una sfera del diametro di 12,5 mm*
- *nessuna accessibilità del dito di prova del diametro di 12 mm.*

(2) La lettera aggiunta definisce l'accesso solamente alla parti pericolose.

Esempio
Un apparecchio è munito di un'apertura che permette l'accesso di un dito. Non sarà classato IP2x. Invece, se le parti accessibili al dito non sono pericolose (shock elettrico, bruciatura…), l'apparecchio potrà essere classato xxB.

Gradi di protezione contro gli urti meccanici

In Francia, la NF C 20010 definiva una terza cifra che dava il grado di protezione contro gli urti meccanici. Questa terza cifra è sparita per lasciare il posto ad un grado IK (norme EN 50102, NF C 20015).

Corrispondenze IK / AG

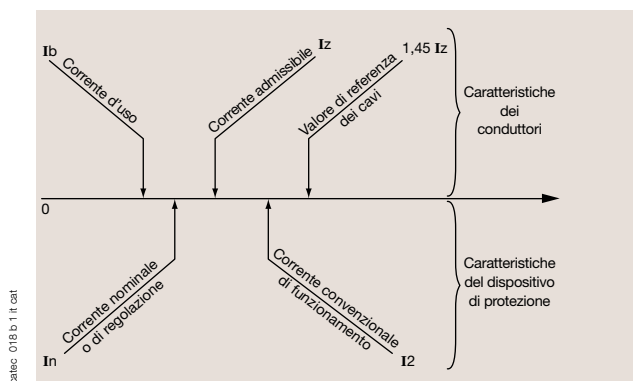
Energia d'urto (J)	0	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	6	10	20
Grado IK	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Classificazione AG (NF C 15100)			AG1					AG2	AG3			AG4
Vecchia 3° cifra IP	0		1		3			5		7		9

Correnti di sovraccarico

"Si devono predisporre dispositivi di protezione per interrompere qualsiasi corrente di sovraccarico nei conduttori del circuito prima che possa provocare un riscaldamento dannoso per l'isolamento, le connessioni, i terminali o per l'ambiente delle canalizzazioni" (IEC 60364 § 433).

Per questo si definiscono le seguenti correnti:
- I_b: corrente d'uso del circuito
- I_z: corrente ammissibile del conduttore
- I_n: corrente del dispositivo di protezione
- I_2: corrente che assicura effettivamente il funzionamento del dispositivo di protezione; in pratica I_2 è presa uguale:
    - alla corrente di funzionamento nel tempo convenzionale per gli interruttori automatici
    - alla corrente di fusione nel tempo convenzionale per i fusibili di tipo gG.

I conduttori sono protetti se sono soddisfatte le due condizioni:

1: $I_b \leq I_n \leq I_z$
2: $I_2 \leq 1{,}45\ I_z$

Esempio

Alimentazione di un carico di 150 kVA a 400 V trifase.
I_b = 216 A corrente necessaria al carico
I_n = 250 A calibro del fusibile gG di protezione del circuito
I_z = 298 A
corrente massima ammissibile per un cavo 3 x 95 mm^2 rispondente alle modalità di posa e alle condizioni esterne fornite dal metodo indicato nelle pagine seguenti
I_2 = 400 A corrente di fusione del fusibile da 250 A (1,6 x 250 A = 400 A)

1,45 Iz = 1,45 x 298 = 432 A.

Le condizioni 1 e 2 sono soddisfatte:
I_b = 216 A ≤ In = 250 A ≤ Iz = 298 A
I_2 = 400 A ≤ 1,45 Iz = 432 A.

Determinazione della corrente I_2

Corrente che assicura il funzionamento effettivo del dispositivo di protezione:

Fusibili gG (IEC 60269-2-1)	Corrente I_2
Calibro ≤ 4 A	2,1 I_n
4 A < Calibro < 16 A	1,9 I_n
Calibro ≥ 16 A	**1,6 I_n**
Interruttore automatico	1,45 I_n

Determinazione della corrente ammissibile I_z (secondo la norma IEC 60364)

Correnti ammissibili nei cavi

La tabella che segue fornisce il valore della corrente massima Iz ammissibile per ciascuna sezione dei cavi di rame e alluminio. Tali valori vanno corretti in funzione dei coefficienti seguenti:

- **K_m:** coefficiente per il tipo di posa *(vedere pagina 662)*
- **K_n:** coefficiente che tiene conto del numero di cavi collocati insieme *(vedere pagina 662)*
- **K_t:** coefficiente che tiene conto della temperatura ambiente e del tipo di cavo *(vedere pagina 664)*.

I coefficienti Km, Kn et Kt sono determinati in funzione delle categorie d'installazione dei cavi: B, C, E o F *(vedere pagina 664)*.

La sezione considerata deve essere tale che:

$$I_z \geq I'_z = \frac{I_b}{K_m \times K_n \times K_t}$$

I cavi si suddividono in due famiglie: PVC e PR *(vedere tabella a pagina 664)*. La cifra che segue la sigla indica il numero di cavi sotto carico. I cavi isolati con elastomeri (caucciù, butile, ecc.) sono assegnati alla famiglia PR.

Esempio: PVC 3 indica un cavo della famiglia PVC con 3 conduttori sotto carico (3 fasi o 3 fasi + neutro).

Tabella A

Categoria	Iz corrente massima ammissibile nei conduttori (A)								
B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
S mm² in rame									
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	**21**	**24**	**25**	**27**	**30**	**31**	**33**	**36**	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254
S mm² in alluminio									
2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	
4	22	25	26	28	31	32	35	38	
6	28	32	33	36	39	42	45	49	
10	39	44	46	49	54	58	62	67	
16	53	59	61	66	73	77	84	91	
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	188	197	212	226	245	263	280	300	337
150		227	245	261	283	304	324	346	389
185		259	280	298	323	347	371	397	447
240		305	330	352	382	409	439	470	530
300		351	381	406	440	471	508	543	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

Determinazione della corrente ammissibile I_z (secondo la norma IEC 60364) (seguito)

Coefficiente K_m

Categoria	Tipo di posa		K_m (a)	(b)	(c)	(d)
B	1. In pareti termicamente isolate		0,77	-	0,70	0,77
	2. Montaggio a vista, inserito sotto parete o sotto profilato		1	-	0,9	-
	3. In cave di costruzione o controsoffitti		0,95	-	0,865	0,95
	4. In canaline		0,95	0,95	-	0,95
	5. In canaline, modanature, zoccoli		-	1	-	0,9
C	1. Cavi mono o pluriconduttori inseriti direttamente in una parete, senza protezione meccanica		-	-	-	1
	2. Cavi fissati	• su un muro	-	-	-	1
		• al soffitto	-	-	-	0,95
	3. Conduttori nudi o isolati su isolatore		-	1,21	-	-
	4. Cavi su guide di cavi non preforate		-	-	-	1
E o F	Cavi pluriconduttori su o Cavi monoconduttori su	1. Canaline porta-cavi preforate	-	-	-	1
		2. Mensole, scale				
		3. Staffe distanziate dalla parete				
		4. Cavi sospesi a un cavo portante				

(a) Conduttore isolato posto in un condotto.
(b) Conduttore isolato non posto in un condotto.
(c) Cavo posto in un condotto.
(d) Cavo non posto in un condotto.

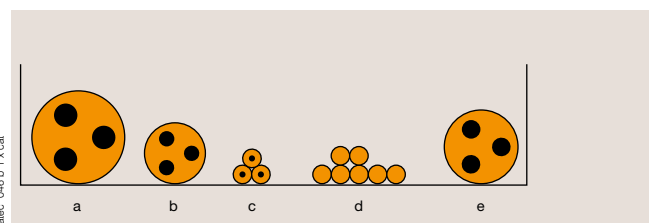
Coefficiente K_n

Tabella A

Categoria	Disposizione dei cavi	Fattore di correzione K_n – Numero di circuiti o di cavi pluriconduttori: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	Inseriti o annegati nella parete	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Semplice posa su muri o pavimenti o tavolette non perforate	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Nessun fattore di riduzione per più di 9 cavi		
E, F	Semplice posa sul soffitto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
	Semplice posa su ripiani orizzontali preforati o ripiani verticali verticali	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	Semplice posa su scale per cavi, mensole, ecc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Quando i cavi sono disposti su più strati, occorre moltiplicare K_n per:

Tabella B

Numero di strati	2	3	4 e 5	6 a 8	9 e più
Coefficiente	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

Esempio

Su un ripiano preforato sono disposti:
- 2 cavi tripolari (2 circuiti a e b),
- 1 gruppo di 3 cavi unipolari (1 circuito c),
- 1 gruppo formato da 2 conduttori per fase (2 circuiti d),
- 1 cavo tripolare per il quale si cerca Kn (1 circuito e).

Il numero totale di circuiti è 6. Il metodo di riferimento è quello E (ripiano preforato). K_n = 0,55.

IEC 60364 § 523.6

In generale, è consigliato mettere meno cavi possibile in parallelo. Comunque, il loro numero non deve superare quattro. Per più di quattro è consigliabile l'uso di blindo.

N.B.: metodi particolarmente interessanti per la protezione di conduttori in parallelo contro le sovracorrenti tramite fusibili sono forniti nella pubblicazione IEC 60364-4-41.

Determinazione della corrente ammissibile I_z (secondo la norma IEC 60364) (seguito)

Modalità di posa

Categoria B - 1							
Conduttori isolati in condotti inseriti in pareti termicamente isolate.	Cavi pluriconduttori in condotti inseriti in pareti termicamente isolate.	Conduttori isolati in condotti montati a vista.	Cavi mono o pluriconduttori in condotti montati a vista.	Conduttori isolati in condotti- profilati montati a vista.	Cavi mono o pluriconduttori in condotti-profilati montati a vista.	Conduttori isolati in condotti inseriti in una parete.	Cavi mono o pluriconduttori in condotti inseriti in una parete.
Categoria B - 2							
Conduttori isolati o cavi mono o pluriconduttori in canaline fissate alle pareti : in percorso orizzontale.	Conduttori isolati o cavi mono o pluriconduttori in canaline fissate alle pareti : in percorso verticale	Conduttori isolati in canaline inserite nei pavimenti	Cavi mono o pluriconduttori in canaline inserite nei pavimenti.	Conduttori isolati in canaline sospese.	Cavi mono o pluriconduttori in canaline sospese.		
Categoria B - 3							
Cavi mono o pluriconduttori in cave di costruzione	Conduttori isolati in condotti nei vuoti di costruzione.	Cavi mono o pluriconduttori in condotti nei vuoti di costruzione.	Conduttori isolati in condotti-profilati nei vuoti di costruzione.	Cavi mono o pluriconduttori in condotti-profilati nei vuoti di costruzione.	Conduttori isolati in condotti-profilati inseriti nella costruzione.	Cavi mono o pluriconduttori in condotti-profilati inseriti nella costruzione	Cavi mono o pluriconduttori: • nei controsoffitti • nei soffitti sospesi
Catagoria B - 4				**Categoria B - 5**			
Cavi pluriconduttori inseriti direttamente nelle pareti isolate termicamente.	Conduttori isolati in condotti o cavi multiconduttori in canaline chiuse, in percorsi orizzontali o verticali.	Conduttori isolati in condotti in canaline ventilate.	Cavi mono o pluriconduttori in canaline aperte o ventilate.	Conduttori isolati in modanature	Conduttori isolati o cavi mono o pluriconduttori in zoccolini scanalati.	Conduttori isolati in condotti o cavi mono o pluriconduttori nelle cornici degli infissi.	Conduttori isolati in condotti o cavi mono o pluriconduttori nei telai delle finestre.
Categoria C - 1		**Categoria C - 2**		**Categoria C - 3**		**Categoria C - 4**	
Cavi mono o pluriconduttori inseriti direttamente nelle pareti, senza protezione meccanica supplementare.	Cavi mono o pluriconduttori inseriti direttamente nelle pareti con protezione meccanica supplementare	Cavi mono o pluriconduttori, con o senza armatura : fissati a parete	Cavi mono o pluriconduttori, con o senza armatura : fissati a soffitto.	Conduttori nudi o isolati su isolatori.		Cavi mono o pluriconduttori su passerelle porta-cavi o ripiani non perforati.	
Categoria E - 1[1] e F - 1[2]		**Categoria E - 2[1] e F - 2[2]**		**Categoria E - 3[1] e F - 3[2]**		**Categoria E - 4[1] e F - 4[2]**	
Su passerelle porta-cavi o ripiani preforati, in percorsi orizzontali o verticali.		Su mensole.	Su scale per cavi.	Fissati a staffe distanziate dalla parete.		Cavi mono o pluriconduttori sospesi a un cavo portante o autoportante.	

(1) Cavi pluriconduttori. *(2) Cavi monoconduttore*

Determinazione della corrente ammissibile I_z (secondo la norma IEC 60364) (seguito)

Coefficiente K_t

Tabella C

Temperatura ambiente (°C)	Isolanti		
	Elastomero (caucciù)	PVC	PR/EPR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58

Esempio

Per un cavo isolato in PVC che si trova in un locale in cui la temperatura ambiente raggiunge i 40 °C. Kt = 0,87.

Identificazione dei cavi

Tabella A: equivalenze tra la vecchia e la nuova denominazione (cavi)

Vecchia denominazione (norma nazionale)	Nuova denominazione (norma armonizzata)
U 500 VGV	A 05VV - U (ou R)
U 1000 SC 12 N	H 07 RN - F
U 500 SV 0V	A 05 VV - F
U 500 SV 1V	

Tabella B: classificazione dei cavi

Cavi PR		Cavi PVC	
U 1000	R 12 N	FR-N 05	W-U, R
U 1000	R2V	FR-N 05	W-AR
U 1000	RVFV	FR-N 05	VL2V-U, R
U 1000	RGPFV	FR-N 05	VL2V-AR
H 07	RN-F	H 07	VVH2-F
FR-N 07	RN-F	H 07	VVD3H2-F
A 07	RN-F	H 05	VV-F
FR-N 1	X1X2	H 05	VVH2-F
FR-N 1	X1G1	FR-N 05	VV5-F
FR-N 1	X1X2Z4X2	FR-N 05	VVC4V5-F
FR-N 1	X1G1Z4G1	A 05	VV-F
FR-N 07	X4X5-F	A 05	VVH2-F
0,6/1	Ritorti		
FR-N 1	XDV-AR, AS, AU		
H 05	RN-F		
A 05	RN-F		
H 05	RR-F		
A 05	RR-F		

Esempi

Si vuole alimentare un carico trifase con neutro avente una corrente nominale di 80 A (cioè Ib = 80 A). Il cavo utilizzato, di tipo U 1000 R2V, è posato su un ripiano preforato con altri tre circuiti, a una temperatura ambiente di 40 °C.
Iz deve essere tale che:

$$I_z \geq I'_z = \frac{I_b}{K_m \times K_n \times K_t}$$

Determinazione di I'z

- tipo di posa: E quindi Km = 1 *(vedere tabella pagina 662)*
- numero totale di circuiti: 4 quindi Kn = 0,77 *(vedere tabella A pagina 662)*
- temperatura ambiante: 40 °C quindi Kt = 0,91 (vedere tabella C).

Da cui

$$I'_z = \frac{80\ A}{1 \times 0{,}77 \times 0{,}91} = 114\ A$$

Determinazione di Iz

Il cavo U 1000 R2V è di tipo PR (vedi tabella B). Il numero di conduttori sotto carico è 3. Occorre pertanto andare alla colonna PR3 della tabella A di *pagina 661* corrispondente alla categoria E.
Occorre scegliere Iz immediatamente superiore a I'z, e quindi Iz = 127 A, che corrisponde a un cavo di rame di 3 x 25 mm^2, protetto da un fusibile gG da 100 A, o a un cavo d'alluminio di 3 x 35 mm^2, protetto da un fusibile gG da 100 A.

Protezione delle canalizzazioni contro i sovraccarichi mediante fusibili gG

La colonna Iz dfornisce il valore della corrente massima ammissibile per ciascuna sezione dei cavi di rame e di alluminio, secondo la norma IEC 60364 e la guida UTE 15-105.

La colonna F fornisce il calibro del fusibile gG associato alla sezione e al tipo di cavo.

Le categorie B, C, E e F corrispondono ai differenti tipi di posa dei cavi *(vedere pagina 663)*.

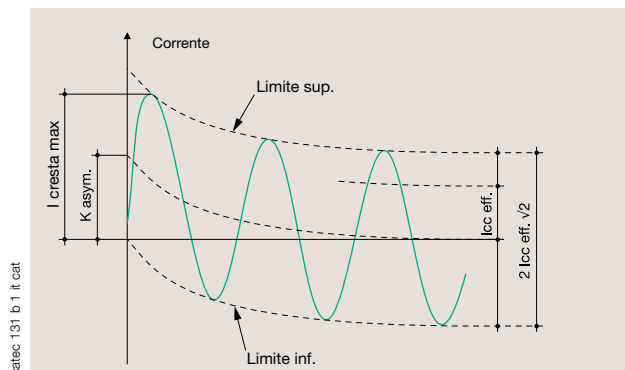
I cavi si suddividono in due famiglie: PVC e PR *(vedere tabella a pagina 664)*. La cifra che segue la sigla indica il numero di conduttori sotto carico (PVC 3 indica un cavo della famiglia PVC con 3 conduttori sotto carico: 3 fasi o 3 fasi + neutro).

Esempio: un cavo PR3 di rame di 25 mm^2 installato in categoria E è limitato a 127 A e protetto da un fusibile da 100 A gG.

Categoria	Corrente admissibile (I_z) protezione fusibile associato (F)																	
B	PVC3		PVC2				PR3				PR2							
C			PVC3				PVC2		PR3				PR2					
E					PVC3				PVC2		PR3				PR2			
F							PVC3				PVC2		PR3				PR2	
S mm^2																		
Rame	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F
1,5	15,5	10	17,5	10	18,5	16	19,5	16	22	16	23	20	24	20	26	20		
2,5	21	16	24	20	25	20	27	20	30	25	31	25	33	25	36	32		
4	28	25	32	25	34	25	36	32	40	32	42	32	45	40	49	40		
6	36	32	41	32	43	40	46	40	51	40	54	50	58	50	63	50		
10	50	40	57	50	60	50	63	50	70	63	75	63	80	63	86	63		
16	68	50	76	63	80	63	85	63	94	80	100	80	107	80	115	100		
25	89	80	96	80	101	80	112	100	119	100	127	100	138	125	149	125	161	125
35	110	100	119	100	126	100	138	125	147	125	158	125	171	125	185	160	200	160
50	134	100	144	125	153	125	168	125	179	160	192	160	207	160	225	200	242	200
70	171	125	184	160	196	160	213	160	229	200	246	200	269	160	289	250	310	250
95	207	160	223	200	238	200	258	200	278	250	298	250	328	250	352	315	377	315
120	239	200	259	200	276	250	299	250	322	250	346	315	382	315	410	315	437	400
150			299	250	319	250	344	315	371	315	399	315	441	400	473	400	504	400
185			341	250	364	315	392	315	424	315	456	400	506	400	542	500	575	500
240			403	315	430	315	461	400	500	400	538	400	599	500	641	500	679	500
300			464	400	497	400	530	400	576	500	621	500	693	630	741	630	783	630
400									656	500	754	630	825	630			840	800
500									749	630	868	800	946	800			1083	1000
630									855	630	1005	800	1088	800			1254	1000
Alluminio																		
2,5	16,5	10	18,5	10	19,5	16	21	16	23	20	24	20	26	20	28	25		
4	22	16	25	20	26	20	28	25	31	25	32	25	35	32	38	32		
6	28	20	32	25	33	25	36	32	39	32	42	32	45	40	49	40		
10	39	32	44	40	46	40	49	40	54	50	58	50	62	50	67	50		
16	53	40	59	50	61	50	66	50	73	63	77	63	84	63	91	80		
25	70	63	73	63	78	63	83	63	90	80	97	80	101	80	108	100	121	100
35	86	80	90	80	96	80	103	80	112	100	120	100	126	100	135	125	150	125
50	104	80	110	100	117	100	125	100	136	125	146	125	154	125	164	125	184	160
70	133	100	140	125	150	125	160	125	174	160	187	160	198	160	211	160	237	200
95	161	125	170	125	183	160	195	160	211	160	227	200	241	200	257	200	289	250
120	188	160	197	160	212	160	226	200	245	200	263	250	280	250	300	250	337	250
150			227	200	245	200	261	200	283	250	304	250	324	250	346	315	389	315
185			259	200	280	250	298	250	323	250	347	315	371	315	397	315	447	400
240			305	250	330	250	352	315	382	315	409	315	439	400	470	400	530	400
300			351	315	381	315	406	315	440	400	471	400	508	400	543	500	613	500
400									526	400	600	500	663	500			740	630
500									610	500	694	630	770	630			856	630
630									711	630	808	630	899	800			996	800

Correnti di cortocircuito

Una corrente di cortocircuito è una corrente provocata da un guasto d'impedenza trascurabile tra due punti dell'impianto che presentano normalmente una differenza di potenziale: Si va a distinguere 3 livelli di corrente di cortocircuito :

- la corrente di **cortocircuito di cresta** (Icc cresta) corrispondente al valore estremo dell'onda, che genera forze elettrodinamiche elevate, in particolare per le barre di distribuzione e per i contatti o le connessioni delle apparecchiature,
- la corrente di **cortocircuito efficace** (Icc eff): valore efficace della corrente di guasto che provoca riscaldamenti degli apparecchi e dei conduttori e può portare le masse dei materiali elettrici a un potenziale pericoloso,
- la corrente di **cortocircuito minimo** (Icc min): valore efficace della corrente di guasto che si stabilisce nei circuiti a elevata impedenza (conduttore di sezione ridotta, canalizzazione di considerevole lunghezza ecc.), nei quali inoltre tale impedenza è aumentata dal riscaldamento della canalizzazione in guasto. Occorre eliminare rapidamente questo tipo di guasto, detto impedente, con i mezzi più opportuni.

Calcolo della I_{cc} di una sorgente di alimentazione

Con 1 trasformatore

- Valutazione rapida in funzione della potenza del trasformatore:

Settori	I_n	I_{cc} eff
127 / 220 V	S (kVA) x 2,5	I_n x 20
220 / 380 V	S (kVA) x 1,5	I_n x 20

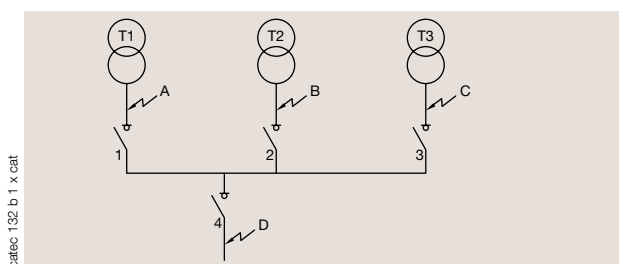
- Valutazione rapida in funzione della tensione di corto circuito del trasformatore (u):

$$I_{cc}\ (A\ eff) = \frac{S}{U\sqrt{3}} \times \frac{100}{u} \times k$$

S: potenza (VA)
U: tensione concatenata (V)
u: tensione di corto circuito (%)
k: coefficiente per tenere conto delle impedenze a monte (0,8 per esempio).

Con "n" trasformatori in parallelo

"n" numero dei trasformatori.

- T1; T2; T3 identici.
- Cortocircuito in A, B o C, gli apparecchi 1, 2 o 3 devono sopportare:
  I_{ccA} = (n-1) x Icc di un trasformatore (2 x I_{cc} nell'esempio di destra).
- Corto circuito in D, l'apparecchio 4 deve sopportare:
  I_{ccD} = n x I_{cc} di un trasformatore (3 x I_{cc} nell'esempio di destra).

Cortocircuito con più trasformatori in parallelo

I_{cc} batterie

I valori di I_{cc} a valle di una batteria di accumulatori sono approssimativamente:

I_{cc} = 15 x Q (piombo aperta)

I_{cc} = 40 x Q (piombo stagna)

I_{cc} = 20 x Q (Ni-Cd)

Q (Ah): capacità in Ampere-ora.

Calcolo della I_{CC} di una sorgente di alimentazione (seguito)

I_{CC} dei gruppi generatori

L'impedenza interna di un alternatore dipende dalla sua costruzione. Che si può caratterizzare con due valori espressi in % :

la reattanza transitoria X'd :

- dal 15 al 20% di un turboalternatore,
- dal 25 al 35% per un alternatore a poli sporgenti (senza contare la reattanza subtransitoria).

la reattanza omopolare X'o :

Si può valutare nel 6 % in assenza di indicazioni più precise. Si può calcolare :

$$I_{cc3} = \frac{k_3 \times P}{U_0 \times X'd}$$

$$I_{cc2} = 0,86 \times I_{cc3}$$

$$I_{cc1} = \frac{k_1 \times P}{U_0\,(2X'd + X'0)}$$

P : Potenza dell'alternatore in kVA
U0 : Tensione di fase
X'd : Reattanza transitoria
k3 = 0,37 per I_{cc3} max
k3 = 0,33 per I_{cc3} min
X'0 : Reattanza omopolare
k1 = 1,1 per I_{cc1} max
k1 = 1,1 per I_{cc1} min

Esempio :
P = 400 kVA   X'd = 30 %   X'0 = 6 %   U0 = 230 V

$$I_{cc3}\text{ max} = \frac{0,37 \times 400}{230 \times \frac{30}{100}} = 2,14\text{ kA}$$

$$I_{cc1}\text{ max} = \frac{1,1 \times 400}{230 \times \left[2 \times \frac{30}{100} + \frac{6}{100}\right]} = 2,944\text{ kA} \qquad I_{cc2}\text{ max} = 1,844\text{ kA}$$

Calcolo della I_{CC} di un impianto in bassa tensione

Generalità

Il calcolo delle correnti di corto circuito ha lo scopo di determinare :

- il potere d'interruzione del dispositivo di protezione,
- la sezione dei conduttori che permettono :
  - di sopportare la sollecitazione termica della corrente di cortocircuito,
  - di garantire l'apertura del dispositivo di protezione contro i contatti indiretti nei tempi prescritti dalle norme IEC 60364,
- la tenuta meccanica dei supporti del conduttore (sforzi elettrodinamici).

Il potere d'interruzione del dispositivo di protezione si determina a partire dalla Icc massima calcolata ai suoi morsetti.
La sezione dei conduttori dipende dalla Icc minima calcolata ai morsetti dell'utilizzatore.
La tenuta meccanica dei supporti dei conduttori è determinata a partire dal calcolo della Icc di cresta dedotta dalla Icc massima.

Il calcolo delle correnti di cortocircuito può essere effettuato secondo uno dei tre metodi seguenti :

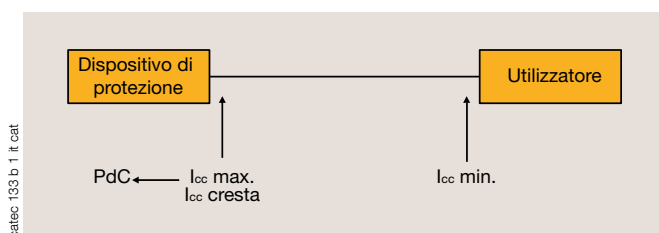
Metodo convenzionale

Consente di calcolare I_{cc} min.

Metodo delle impedenze

Il metodo delle impedenze consiste nel calcolare l'impedenza **Z** del circuito di guasto, tenendo conto dell'impedenza della sorgente d'alimentazione (rete, batterie, gruppo, ecc.). Questo metodo è preciso e permette di calcolare I_{cc} max. e I_{cc} min., ma richiede la conoscenza dei parametri del circuito in guasto *(vedere pagina 669)*.

Metodo rapido

Il metodo rapido va applicato nel caso in cui i parametri del circuito di guasto non siano del tutto noti. La corrente di corto circuito I_{cc} è determinata in un punto della rete, conoscendo sia I_{cc} a monte, sia la lunghezza e la sezione del collegamento nel punto a monte *(vedere pagina 671)*. Questo metodo fornisce solo il valore della I_{cc} massima.

Calcolo della I_{cc} di un impianto in bassa tensione (seguito)

Metodo convenzionale

Fornisce il valore di Icc min. all'estremità di un impianto che non sia alimentato da un alternatore.

$$I_{cc} = A \times \frac{0,8\, U \times S}{2\, \rho\, L}$$

U: tensione tra le fasi in V
L: lunghezza in metri della canalizzazione
S: sezione dei conduttori in mm²
ρ = 0,028 mW.m per il rame e protezione con fusibile
0,044 mW.m per l'alluminio e protezione con fusibile
0,023 mW.m per il rame e protezione con interruttore automatico
0,037 mW.m per l'alluminio e protezione con interruttore automatico
A = 1 per i circuiti con neutro (sezione neutro = sezione fase)
1,73 per i circuiti senza neutro
0,67 per i circuiti con neutro (sezione neutro = 1/2 sezione fase)

Per sezioni dei cavi superiori o uguali a 150 mm², occorre tenere conto della reattanza dividendo il valore di I_{cc} per: cavo da 150 mm²: 1,15; cavo da 185 mm²: 1,2; cavo da 240 mm²: 1,25; cavo da 300 mm²: 1,3

Metodo delle impedenze

Il metodo delle impedenze consiste nel sommare tutte le resistenze R e tutte le reattanze X del circuito a monte del corto circuito (vedi pagina seguente), e poi nel calcolare l'impedenza Z.

$$Z_{(m\Omega)} = \sqrt{R^2_{(m\Omega)} + X^2_{(m\Omega)}}$$

Questo metodo permette di calcolare:

I_{cc3}: corrente di cortocircuito trifase

$$I_{cc3} = 1,1 \times \frac{U_0}{Z_3}$$

U_0: tensione di fase (230 V in una rete 230 / 400)
Z_3: impedenza del circuito trifase (vedere pagina 670).

I_{cc2}: corrente di cortocircuito tra 2 fasi

$$I_{cc2} = 0,86 \times I_{cc3}$$

I_{cc1}: corrente di cortocircuito monofase

$$I_{cc1} = 1,1 \times \frac{U_0}{Z_1}$$

U_0: tensione di fase (230 V in una rete 230 / 400)
Z_1: impedenza del circuito trifase (vedere pagina 670).

I_{cc} cresta

Nel caso in cui sia necessario conoscere gli sforzi elettrodinamici, per esempio su un supporto delle barre, occorre calcolare la I_{cc} cresta:

$$I_{cc}\ \text{cresta}_{(kA)} = I_{cc}\ \text{eff}_{(kA)} \times \sqrt{2} \times k$$

k: coefficiente di asimmetria fornito qui sotto.

k = 1 in regime simmetrico (cos φ = 1).

catec 134 a 1 x cat

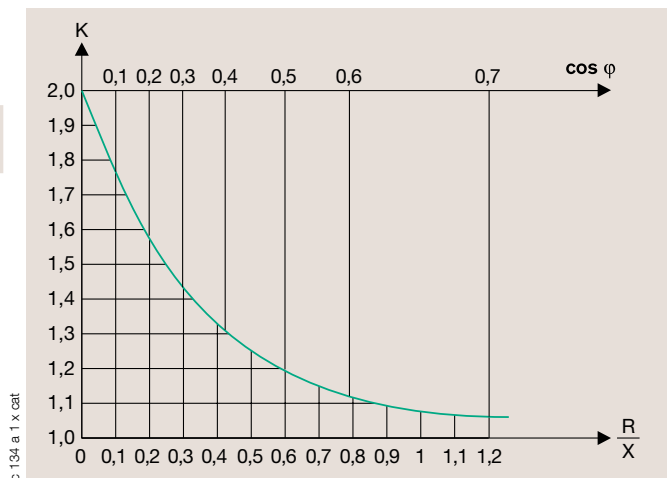
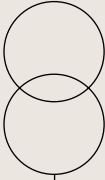



Fig. 1

Nota: sarà ovvio utilizzare maggiormente il valore di R/X, più facilmente utilizzabile in questo diagramma.

Metodo delle impedenze (seguito)

Determinazione dei valori di "R" e di "X" (rete)   R = resistenza   X = reattanza

La tabella qui sotto fornisce i valori di R e di X per le diverse parti del circuito fino al punto del corto circuito.
Per calcolare l'impedenza del circuito in guasto, occorrerà sommare separatamente le R e le X *(vedere pagina 670)*.

Schema	Valori di R e di X

Rete a monte
Valori di "R" e di "X" a monte dei trasformatori ad alta, media e bassa tensione (400 V) in funzione della potenza di corto circuito (Pcc in MVA) di questa rete.

MVA	Rete	R (mΩ)	X (mΩ)
500	> 63 kV	0,04	0,35
250	> 24 kV vicino alle centrali	0,07	0,7
125	> 24 kV lontano dalle centrali	0,14	1,4

Se la potenza di corto circuito (Pcc) è nota
Uo tensione a vuoto (400 V o 230 V in AC a 50 Hz).

$R_{(m\Omega)} = 0,1 \times X_{(m\Omega)}$ $X_{(m\Omega)} = \frac{3,3 \times U_0^2}{P_{cc}\ kVA}$

Trasformatori immersi con secondario a 400 V
Valori di "R" e "X" in funzione della potenza del trasformatore.

P (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1000	1250	1600	2000	2500
I_{cc3} (kA)	1,80	3,60	5,76	7,20	9,00	14,43	22,68	24,01	30,03	38,44	48,04	60,07
R (mΩ)	43,7	21,9	13,7	10,9	8,7	5,5	3,5	3,3	2,6	2,0	1,6	1,31
X (mΩ)	134	67	41,9	33,5	26,8	16,8	10,6	10,0	8,0	6,3	5,0	4,01

Conduttori

$R_{(m\Omega)} = \frac{\rho \times l_{(m)}}{S_{(mm^2)}}$ con $\rho = \frac{m\Omega \times mm^2}{m}$

	Resistività ρ in10^{-6} mΩ.m		
	I_{cc} maxi	I_{cc} mini	
		Protezione fusibile	Protezione interrutore auto.
Rame	18,51	28	23
Alluminio	29,4	44	35

$X_{(m\Omega)} = 0,08 \times l_{(m)}$ (cavi multipolari o cavi monopolari in treccia)(1)
$X_{(m\Omega)} = 0,13 \times l_{(m)}$ (cavi monopolari in guaina)(1)
$X_{(m\Omega)} = 0,09 \times l_{(m)}$ (cavi monoconduttori separati)

$X_{(m\Omega)} = 0,15 \times l_{(m)}$ (barra)(1)

(1) Rame e alluminio

Apparecchio in posizione chiusa

R = 0 e X = 0,15 mΩ

Calcolo della I_{cc} di un impianto in bassa tensione (seguito)

Metodo delle impedenze (seguito)

Esempio di calcolo della I_{cc} massima

ρ rame = 18,51	ρ alluminio = 29,4	U_o = 230 V	Fasi R	Fasi X	Neutro R	Neutro X	Protezione R	Protezione X
Rete 250 MVA	R = 0,07 mΩ	X = 0,7 mΩ	0,07	0,7				
Trasformatore de 630 kVA	R = 3,5 mW	X = 10,6 mΩ	3,5	10,6				
Cavi: Alluminio								
Ph: l = 10 m 4 x 240 mm²	Ph: $R = \frac{29,4 \times 10}{240 \times 4} = 0,306$ m Ω	$X = \frac{0,13 \times 10}{4} = 0,325$ m Ω	0,306	0,325				
N: l = 10 m 2 x 240 mm²	N: $R = \frac{29,4 \times 10}{240 \times 2} = 0,612$ m Ω	$X = \frac{0,13 \times 10}{2} = 0,65$ m Ω			0,612	0,65		
PE: l = 12 m 1 x 240 mm²	PE: $R = \frac{29,4 \times 12}{240} = 1,47$ m Ω	$X = 0,13 \times 12 = 1,56$ m Ω					1,47	1,56
Apparecchio	(protezione del trasformatore)	X = 0,15 mΩ		0,15				
Icc	Totale parziale: livello "arrivo" trasformatori di distribuzione primaria QGBT (∑)		3,87	11,77	0,612	0,65	1,47	1,56
Barre di distribuzione rame l = 3 m	Icc							
Ph: 2 x 100 x 5	Ph: $R = \frac{18,51 \times 3}{2 \times 100 \times 5} = 0,055$ m Ω	$X = 0,15 \times 3 = 0,45$ m Ω	0,055	0,45				
N: 1 x 100 x 5	N: $R = \frac{18,51 \times 3}{1 \times 100 \times 5} = 0,011$ m Ω	$X = 0,15 \times 3 = 0,45$ m Ω			0,11	0,45		
PE: 1 x 40 x 5	PE: $R = \frac{18,51 \times 3}{40 \times 5} = 0,277$ m Ω	$X = 0,15 \times 3 = 0,45$ m Ω					0,277	0,45
Totale a livello delle barre (∑):			3,925	12,22	0,722	1,1	1,75	2,01

All'arrivo nel trasformatori di distribuzione primaria

- Impedenza del circuito trifase:

$$Z_3 = \sqrt{R_{ph}^2 + X_{ph}^2}$$

$Z_3 = \sqrt{(3,87)^2 + (11,77)^2} = 12,39$ mΩ

I_{cc3} maxi $= \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{12,39 \text{ m}\Omega} = 20,5$ kA

I_{cc2} maxi = 0,86 x 20,5 kA = 17,6 kA

- Impedenza del circuito monofase

$$Z_1 = \sqrt{(R_{ph} + R_n)^2 + (X_{ph} + X_n)^2}$$

$Z_1 = \sqrt{(3,87 + 0,612)^2 + (11,77 + 0,65)^2} = 13,2$ mΩ

$I_{cc1} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{13,2 \text{ m}\Omega} = 19,2$ kA

Esempio di calcolo della I_{cc} minima

Il calcolo della I_{cc} minima è identico al calcolo precedente, sostituendo la resistività del rame e dell'alluminio con:

$\rho_{rame} = 28 \quad \rho_{allu} = 44$

- Impedenza del circuito monofase fase/neutro:

$Z1 = \sqrt{(4,11 + 1,085)^2 + (12,22 + 1,1)^2} = 14,3$ mΩ

I_{cc1} mini $= \frac{230 \text{ V}}{14,3 \text{ m}\Omega} = 16$ kA

- Impedenza del circuito monofase fase/protezione:

$Z1 = \sqrt{(4,11 + 2,62)^2 + (12,22 + 2,01)^2} = 15,74$ mΩ

I_{cc1} mini $= \frac{230 \text{ V}}{15,74 \text{ m}\Omega} = 14,6$ kA

All'arrivo sulle barre

- Impedenza del circuito trifase:

$$Z_3 = \sqrt{R_{ph}^2 + X_{ph}^2}$$

$Z_3 = \sqrt{(3,925)^2 + (12,22)^2} = 12,8$ mΩ

I'_{cc3} maxi $= \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{12,8 \text{ m}\Omega} = 19,8$ kA

I'_{cc2} maxi = 0,86 x 19,8 kA = 17 kA

$\frac{R}{X} = \frac{3,925}{12,22} = 0,32$ *(come da figura 1 pagina 668)*, k = 1,4

$$I'_{cc} \text{ cresta} = 19,8 \times \sqrt{2} \times 1,4 = 39,2 \text{ kA}$$

Questo valore di 39,2 kA di cresta è necessario per definire la tenuta dinamica delle barre e dell'apparecchiatura.

- Impedenza del circuito monofase

$$Z_1 = \sqrt{(R_{ph} + R_n)^2 + (X_{ph} + X_n)^2}$$

$Z_1 = \sqrt{(3,925 + 0,722)^2 + (12,22 + 1,1)^2} = 14,1$ mΩ

$I'_{cc1} = \frac{1,1 \times 230 \text{ V}}{14,1 \text{ m}\Omega} = 18$ kA

Metodo rapido

Questo metodo rapido ma approssimativo permette di determinare I_{cc} in un punto della rete conoscendo la I_{cc} a monte e la lunghezza e la sezione del collegamento al punto a monte (secondo la guida UTE 15-105).

Le tabelle che seguono valgono per le reti con tensione tra le fasi di 400 V (con o senza neutro).

Come procedere? Nella parte 1 (conduttori di rame) o 3 (conduttori d'alluminio) della tabella, trovare la riga corrispondente alla sezione dei conduttori di fase. Spostarsi quindi lungo la riga fino al valore immediatamente inferiore alla lunghezza della canalizzazione. Discendere (rame) o risalire (alluminio) verticalmente lungo la colonna fino alla parte 2 della tabella e fermarsi alla riga corrispondente alla I_{cc} a monte. Il valore che si trova all'intersezione è il valore di I_{cc} cercato.

Esempio: I_{cc} a monte = 20 kA, canalizzazione: 3 x 35 mm² rame, lunghezza 17 m. Alla riga 35 mm², la lunghezza immediatamente inferiore a 17 m è 15 m. L'intersezione della colonna 15 m e della riga 20 kA da I_{cc} a valle = 12,3 kA.

Sezione dei conduttori di fase (mm^2)										Lunghezza della canalizzazione in m													
Rame	1,5														1,3	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21
	2,5												1,1	1,5	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34
	4												1,7	1,9	2,6	3,7	5,3	7,4	10,5	15	21	30	42
	6											1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	7,9	11,2	16	22	32	45	63
	10										2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	68	97	137
	16								1,7	2,4	3,4	4,8	6,8	9,7	14	19	27	39	55	77	110	155	219
	25						1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,7	15	21	30	43	61	86	121	171	242	342
	35						1,9	2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339	479
	50					1,8	2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460	
	70					2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339			
	95				2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460			
	120		1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	13	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411				
	150	1,2	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447				
	185	1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528				
	240	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21	29	41	58	82	116	164	232	329	465	658				
	300	2,2	3,1	4,4	6,2	8,7	12,3	17	25	35	49	70	99	140	198	279	395	559					
	2 x 120	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	12,8	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411	581					
	2 x 150	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14,0	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447	632					
	2 x 185	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16,5	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528	747					
	3 x 120	3,4	4,8	6,8	9,6	13,6	19	27	39	54	77	109	154	218	308	436	616						
	3 x 150	3,7	5,2	7,4	10,5	14,8	21	30	42	59	84	118	168	237	335	474	670						
	3 x 185	4,4	6,2	8,8	12,4	17,5	25	35	49	70	99	140	198	280	396	560							

I_{cc} a monte (kA)										I_{cc} al punto considerato(kA)													
I_{cc}	100	93,5	91,1	87,9	83,7	78,4	71,9	64,4	56,1	47,5	39,01	31,2	24,2	18,5	13,8	10,2	7,4	5,4	3,8	2,8	2,0	1,4	1,0
	90	82,7	82,7	80,1	76,5	72,1	66,6	60,1	52,8	45,1	37,4	30,1	23,6	18,1	13,6	10,1	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0
	80	74,2	74,2	72,0	69,2	65,5	61,0	55,5	49,2	42,5	35,6	28,9	22,9	17,6	13,3	9,9	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0
	70	65,5	65,5	63,8	61,6	58,7	55,0	50,5	45,3	39,5	33,4	27,5	22,0	17,1	13,0	9,7	7,2	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0
	60	56,7	56,7	55,4	53,7	51,5	48,6	45,1	40,9	36,1	31,0	25,8	20,9	16,4	12,6	9,5	7,1	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0
	50	47,7	47,7	46,8	45,6	43,9	41,8	39,2	36,0	32,2	28,1	23,8	19,5	15,6	12,1	9,2	6,9	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0
	40	38,5	38,5	37,9	37,1	36,0	34,6	32,8	30,5	27,7	24,6	21,2	17,8	14,5	11,4	8,8	6,7	5,0	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
	35	33,8	33,8	33,4	32,8	31,9	30,8	29,3	27,5	25,2	22,6	19,7	16,7	13,7	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
	30	29,1	29,1	28,8	28,3	27,7	26,9	25,7	24,3	22,5	20,4	18,0	15,5	12,9	10,4	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0
	25	24,4	24,4	24,2	23,8	23,4	22,8	22,0	20,9	19,6	18,0	161	14,0	11,9	9,8	7,8	6,1	4,6	3,4	2,5	1,9	1,3	1,0
	20	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	18,6	18,0	17,3	16,4	15,2	13,9	12,3	10,6	8,9	7,2	5,7	4,4	3,3	2,5	1,8	1,3	1,0
	15	14,8	14,8	14,7	14,6	14,4	14,2	13,9	13,4	12,9	12,2	11,3	10,2	9,0	7,7	6,4	5,2	4,1	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9
	10	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,0	8,6	8,2	7,6	6,9	6,2	5,3	4,4	3,6	2,9	2,2	1,7	1,2	0,9
	7	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	5,7	5,3	4,9	4,3	3,7	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9
	5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0	0,8
	3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8
	2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7
	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,38	0,7	0,7	0,6	0,5

Sezione dei conduttori di fase (mm^2)										Lunghezza della canalizzazione in m													
Alluminio	2,5														1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,8	15	22
	4												1,1	1,5	2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34
	6												1,6	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	40
	10											1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,6	16	23	33	47	66
	16										2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34	49	69	98	138
	25								1,7	2,4	3,4	4,8	6,7	9,5	13	19	27	38	54	76	108	152	216
	35							1,7	2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302
	50						1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,0	13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410
	70						2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302	427	
	95					2,3	3,2	4,5	6,4	9,0	13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410		
	120					2,9	4,0	5,7	8,1	11,4	16	23	32	46	65	91	129	183	259	366			
	150					3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398			
	185				2,6	3,7	5,2	7,3	10,4	15	21	29	42	59	83	117	166	235	332	470			
	240		1,6	2,3	3,2	4,6	6,5	9,1	13	18	26	37	52	73	103	146	207	293	414				
	300	1,4	1,9	2,7	3,9	5,5	7,8	11,0	16	22	31	44	62	88	124	176	249	352	497				
	2 X 120	1,4	2,0	2,9	4,0	5,7	8,1	11,4	16	23	32	46	65	91	129	183	259	366	517				
	2 x 150	1,6	2,2	3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398					
	2 X 185	1,8	2,6	3,7	5,2	7,3	10,4	15	21	29	42	59	83	117	166	235	332	470					
	2 X 240	2,3	3,2	4,6	6,5	9,1	12,9	18	26	37	52	73	103	146	207	293	414	585					
	3 X 120	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	69	97	137	194	274	388	549					
	3 x 150	2,3	3,3	4,7	6,6	9,3	13,2	19	26	37	53	75	105	149	211	298	422	596					
	3 x 185	2,8	3,9	5,5	7,8	11,0	15,6	22	31	44	62	88	125	176	249	352	498	705					
	3 X 240	3,4	4,8	6,9	9,7	13,7	19	27	39	55	78	110	155	219	310	439	621						

Correnti di cortocircuito

Protezione delle canalizzazioni

Le correnti di corto circuito provocano una sollecitazione termica nei conduttori. Per evitare il degrado degli isolanti dei cavi (che potrebbe in seguito causare guasti d'isolamento) o un deterioramento dei supporti sbarre, occorre utilizzare conduttori con le sezioni minime indicate qui sotto.

Barre di distribuzione

L'effetto termico della corrente di corto circuito al livello di una serie di barre si traduce nel riscaldamento dei conduttori. Tale riscaldamento deve essere compatibile con le caratteristiche dei supporti sbarre.

Esempio: per un supporto sbarre SOCOMEC (temperatura sbarre di 80°C prima del corto circuito.

$$S \text{ mini. } (mm^2) = 1000 \times \frac{I_{cc} \text{ (kA)}}{70} \times \sqrt{t} \text{ (s)}$$

S mini. : sezione minima per fase

I_{cc} : corrente efficace di corto circuito

t : tempo di apertura del dispositivo di protezione.

Vedere anche il calcolo sistema barre a pagina 756.

Conduttori isolati

La sezione minima si ottiene con l'espressione IEC 60364:

$$S \text{ mini. } (mm^2) = 1000 \times \frac{I_{cc} \text{ (kA)}}{k} \times \sqrt{t} \text{ (s)}$$

I_{cc} mini : corrente di corto circuito in kA eff. *(vedere pagina 666)*

t : tempo d'apertura del dispositivo di protezione in s

k : costante dipendente dall'isolante (vedere tabella B).

Tabella B : costante k IEC 60364

		Conduttori			
	Isolanti	Rame		Alluminio	
Conduttori attivi o di protezione che fanno parte della canalizzazione	PVC	115		76	
	PR-EPR	143		94	
Conduttori di protezione che fanno parte della canalizzazione	PVC	143		95	
	PR-EPR	176		116	
	nudi[1]	159[1]	138[2]	105[1]	91[2]

1) Locali che non presentano rischi d'incendio. *2) Locali che presentano rischi d'incendio.*

Per evitare il calcolo, si potrà ricorrere alla tabella A, che fornisce il coefficiente per il quale occorre moltiplicare la corrente di corto circuito per ottenere la sezione minima.

$$\text{Sezione mini. } (mm^2) = k_{cc} \times I_{cc} \text{ mini. (kA)}$$

Lunghezza massima dei conduttori

Una volta determinata la sezione minima dei conduttori, occorre accertarsi che il dispositivo di protezione posto a monte dei conduttori si apra in un tempo compatibile con i limiti termici massimi dei conduttori. Perciò occorre che la corrente di corto circuito minima sia sufficiente a fare scattare il dispositivo di protezione. La lunghezza dei conduttori deve limitarsi ai valori forniti nelle tabelle A e B *a pagina 673* (fusibile).

Tabella A: coefficiente K_{cc}

	Sezione min. dei condutorri attivi di rame		Per una corrente di corto circuito di **1 kA eff**				
			Sezione min. dei condutorri di protezione di rame				
			Conduttori facenti parte della canalizzazione		Conduttori non facenti parte della canalizzazione		
Tempo di interruzione en ms	Isolante PVC	PR-EPR	PVC	PR	PVC	PR	NUE
5	0,62	0,50	0,62	0,50	0,50	0,40	0,45
10	**0,87**	**0,70**	**0,87**	**0,70**	**0,70**	**0,57**	**0,63**
15	1,06	0,86	1,06	0,86	0,86	0,70	0,77
20	**1,37**	**1,10**	**1,37**	**1,10**	**1,10**	**0,89**	**0,99**
35	1,63	1,31	1,63	1,31	1,31	1,06	1,18
50	**1,94**	**1,58**	**1,94**	**1,56**	**1,56**	**1,27**	**1,40**
60	2,13	1,72	2,13	1,72	1,72	1,40	1,54
75	**2,38**	**1,89**	**2,38**	**1,89**	**1,89**	**1,54**	**1,72**
100	2,75	2,21	2,75	2,21	2,21	1,79	1,99
125	**3,07**	**2,47**	**3,07**	**2,47**	**2,47**	**2,00**	**2,22**
150	3,37	2,71	3,37	2,71	2,71	2,20	2,44
175	**3,64**	**2,93**	**3,64**	**2,93**	**2,93**	**2,38**	**2,63**
200	3,89	3,13	3,89	3,13	3,13	2,54	2,81
250	**4,35**	**3,50**	**4,35**	**3,50**	**3,50**	**2,84**	**3,15**
300	4,76	3,83	4,76	3,83	3,83	3,11	3,44
400	**5,50**	**4,42**	**5,50**	**4,42**	**4,42**	**3,59**	**3,98**
500	6,15	4,95	6,15	4,95	4,95	4,02	4,45
1000	**8,70**	**6,99**	**8,70**	**6,99**	**6,99**	**5,68**	**6,29**

Conduttori d'alluminio: moltiplicare i valori della tabella per 1,5.

Protezione della canalizzazioni con fusibili

Lunghezza massima dei conduttori protetti con fusibili

Le tabelle A e B forniscono le lunghezze massime alle seguenti condizioni:
- circuito trifase 230 V / 400 V,
- sezione del neutro = sezione di fase,
- corrente di corto circuito minima
- conduttori di rame.

Le tabelle sono valide indipendentemente dall'isolante dei cavi (PVC, PR, EPR). Quando sono indicati due valori, il primo corrisponde ai cavi in PVC, il secondo ai cavi in PR/EPR.
Le lunghezze vanno moltiplicate per i coefficienti della tabella C per gli altri utilizzi.
Cavo d'alluminio: moltiplicare le lunghezze delle tabelle per 0,41.

Tabella A: lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili gG.

HP C / S (mm^2)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	9/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/74	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150													272	190	145	110	85	61	42/48	20/24
185														220	169	127	98	70	56	27/34
240															205	155	119	85	68	43/46

Tabella B: lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili aM.

HP C / S (mm^2)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11						
25								135	108	86	67	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10	
70												151	121	96	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	51
240																	123	97	78	62

Tabella C: coefficiente di correzione per altre reti.

Casi di utilizzo	Coefficiente
Sezione del neutro = 0,5 x sezione fase	0,67
Circuito privo di neutro	1,73

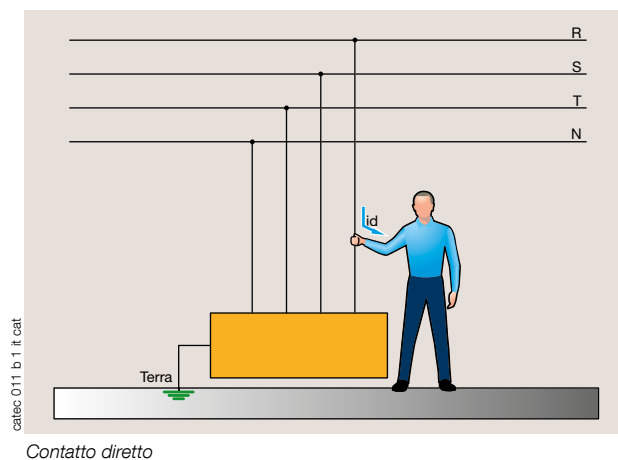
(1) Si accede alla tabella con la sezione delle fasi.

Contatti diretti e indiretti

Protezione contro i contatti diretti

Definizione

Contatto diretto di una persona con una parte attiva (fasi, neutro) normalmente sotto tensione (sistema sbarre, terminali, ecc.).

Contatto diretto

Mezzi di protezione

La protezione contro i contatti diretti è assicurata da uno dei mezzi seguenti (decreto del 14/11/88):

- mettendo fuori portata i conduttori attivi per mezzo di ostacoli o protezioni,
- isolamento dei conduttori attivi,
- barriera o cassetta: il grado di protezione minimo garantito dalla cassetta deve essere IP2x o xxB per le parti attive,
- l'apertura di una cassetta deve essere possibile solo nei casi seguenti:
  - con l'ausilio di un utensile o di una chiave,
  - dopo avere tolto la tensione alle parti attive,
  - se una seconda barriera IP > 2x o xxB si trova all'interno della cassetta *(vedere la definizione IP pagina 659)*,
- impiego di dispositivi a corrente differenziale-residua di 30 mA (vedi oltre "Protezione supplementare contro i contatti diretti"),
- utilizzo della bassissima tensione.

Utilizzo della bassissima tensione (ELV in inglese)

L'utilizzo della bassissima tensione *(tensione molto basse vedere pagina 652)* costituisce una protezione contro i contatti diretti e indiretti.
Possiamo distinguerli:

la SELV ($U_n \leq$ 50 V AC e ≤ 120 V DC)
Tensioni molto basse di sicurezza che devono essere:
- prodotte da una rete come quella di un trasformatore di sicurezza, UPS, batterie, gruppo generatore…
- essere completamente indipendente da tutti gli elementi suscettibili di essere portato a un potenziale differente (terra di una installazione differente, altri circuiti…),

la PELV
Tensioni molto basse di protezione identiche al TBTS, ma che hanno una connessione a terra per delle ragioni funzionali (elettronica informatica…). L'utilizzo del TBTP ha qualche restrizione in rapporto al TBTS a livello della protezione contro i contatti diretti a partire da 12 VAC e da 30 VDC (IEC 60364 § 414),

la FELV
Tensioni molto basse funzionali raggruppano tutte le altre applicazioni del TBT. Esse non costituiscono una protezione contro i contatti diretti o indiretti.

Protezione supplementare contro i contatti diretti

Indipendentemente dal regime del neutro, una protezione supplementare contro i contatti diretti è assicurata, in particolare, dall'utilizzo di DDR ad alta sensibilità (≤ 30 mA).
Le norme IEC 60364 impongono in particolare l'utilizzo di tali dispositivi nei casi seguenti:

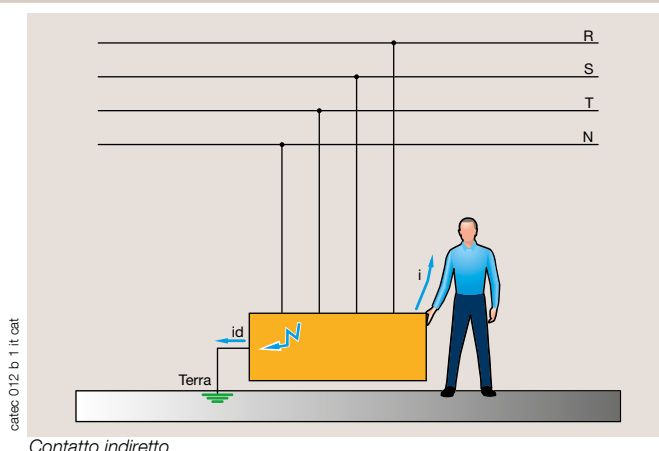
- circuiti di alimentazione delle basi di prese di corrente ≤ 32 A,
- installazioni temporanee, installazioni mobili,
- installazioni da cantiere,
- bagni, piscine,
- roulotte, imbarcazioni turistiche,
- alimentazione di veicoli,
- impianti agricoli,
- cavi e rivestimenti riscaldanti nascosti nel suolo o nelle pareti di un edificio.

Tale disposizione di protezione supplementare contro i contatti diretti, secondo la norma IEC 60479, non è più accettabile quando la tensione di contatto rischi di raggiungere i 500 V: l'impedenza umana rischia di lasciare passare una corrente pericolosa superiore a 500 mA.

Protezione contro i contatti indiretti

Definizione

Il "contatto indiretto" è il contatto di una persona con masse messe accidentalmente sotto tensione in seguito a un guasto d'isolamento.
La protezione contro i contatti indiretti si può ottenere:
- senza interruzione automatica dell'alimentazione,
- con interruzione automatica dell'alimentazione.

Contatto indiretto

Protezione senza interruzione automatica dell'alimentazione

La protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica dell'alimentazione può essere assicurata con:
- L'utilizzo della bassissima tensione *(vedere pagina 674),*
- la separazione delle masse in modo tale che una persona non possa essere contemporaneamente in contatto con le due masse,
- il doppio isolamento del materiale (classe II),
- la connessione equipotenziale, non collegata a terra, di tutte le masse accessibili contemporaneamente,
- la separazione elettrica (con trasformatore per circuiti < 500 V).

Protezione con interruzione automatica dell'alimentazione

La protezione contro i contatti indiretti con interruzione automatica dell'alimentazione consiste nel separare dall'alimentazione il circuito o il materiale che presentano un difetto d'isolamento tra una parte attiva e la massa.
Per evitare effetti fisiologici pericolosi per una persona che venga a contatto con la parte difettosa, si limita la tensione di contatto U_c a un valore limite U_L.
Quest'ultimo dipende:
- dalla corrente iL ammissibile per il corpo umano,
- dal tempo di passaggio della corrente *(vedere pagina 676),*
- dallo schema del collegamento a terra,
- dalle condizioni dell'impianto.

Tensione di contatto presunta (V)	Tempo d'interruzione massima del dispositivo di protezione (s) U_L = 50 V
25	5
50	**5**
75	0,60
90	**0,45**
110	-
120	**0,34**
150	0,27
220	**0,17**
230	-
280	**0,12**
350	0,08
500	**0,04**

Questa esclusione della tensione dall'impianto si effettua diversamente a seconda degli schemi dei collegamenti (regimi del neutro).
Le norme IEC 60364 definiscono il tempo d'interruzione massimo del dispositivo di protezione in condizioni normali (U_L = 50 V). U_L è la tensione di contatto più elevata che si può mantenere indefinitamente senza pericolo per le persone (vedere tabella).

Protezione contro i contatti indiretti (seguito)

Protezione con interruzione automatica dell'alimentazione (seguito)

In regime TN e IT

Quando la rete non è protetta da un dispositivo differenziale, occorre assicurarsi del buon coordinamento tra il dispositivo di protezione e la scelta dei conduttori. In effetti, se l'impedenza del conduttore è troppo elevata, si rischia di avere una debole corrente di guasto, che fa scattare il dispositivo di protezione in un tempo superiore a quello prescritto dalla norma IEC 60364. Per limitare l'impedenza del circuito, occorre limitare la lunghezza dei conduttori di una data sezione.

Nota:
la protezione contro le sovracorrenti con interruzione automatica dell'alimentazione è efficace solo in presenza di guasti veri. Nella pratica, un guasto d'isolamento può presentare, dove apparisce, un'impedenza non trascurabile che sta per limitare la corrente di guasto.
I dispositivi differenziali RESYS o ISOM DLRD utilizzati come preallarme, sono mezzi efficaci per prevenire i guasti impedenti e la persistenza di tensioni pericolose.

Tempo massimo d'interruzione

Le norme IEC 60364 specificano un tempo d'interruzione massimo in funzione della rete elettrica e della tensione limite di 50 V.

Tabella A: tempo massimo d'interruzione in secondi del dispositivo di protezione per i circuiti terminali ≤ 32 A

	$50 V < U_0 \leq 120 V$		$120 V < U_0 \leq 230 V$		$230 V < U_0 \leq 400 V$		$U_0 > 400 V$	
Tempo d'interruzione (s)	alternata	continua	alternata	continua	alternata	continua	alternata	continua
Schema TN o IT	0,8	5	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
Schema TT	0,3	5	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Caso particolare

In regime TN, il tempo d'interruzione può essere superiore al tempo fornito dalla tabella A (sempre restando inferiore a 5 s.) se:
- il circuito non è un circuito terminale e non alimenta carichi mobili o portatili > 32 A,
- risulti soddisfatta una delle due condizioni seguenti:
  - il collegamento equipotenziale principale sia raddoppiato con un collegamento equipotenziale identico al collegamento principale
  - la resistenza del conduttore di protezione Rpe è tale che:

$$Rpe < \frac{50}{U_o} \times (Rpe + Za)$$

U_o: tensione di fase
Z_a: impedenza comprendente la fonte e il conduttore attivo fino al punto di guasto.

Lunghezza massima dei conduttori (L en ml)

La lunghezza limite dei conduttori può essere determinata con un calcolo approssimato, valido per impianti alimentati con un trasformatore ad accoppiamento stella triangolo o stella-zig zag.

$$L = K \frac{U_o \times S}{(1 + m)\, I_d}$$

U_o: tensione di fase (230 V in una rete 230/400 V)
S: sezione in mm^2 ei conduttori di fase in regime TN e IT senza neutro
$m = S/_{Spe}$ (Spe: sezione del PE o PEN)
Id: corrente di guasto in A
Protezione con fusibile: corrente raggiunta per un tempo di fusione uguale al tempo massimo d'apertura del dispositivo di protezione (le lunghezze massime sono fornite nella tabella B pagina 673)
K: variabile in funzione del regime del neutro e della natura del conduttore (vedere tabella B).

Tabella B: valori di K

Schema / Conduttore	TN	IT	
		senza neutro	con neutro
Rame	34,7	30	17,3
Alluminio	21,6	18,7	11

Per sezioni inferiori ai 120 mm^2 si trascura l'influenza delle reattanze. Al di sopra di questo valore, occorre maggiorare la resistenza del:
- 15 % per la sezione di 150 mm^2,
- 20 % per la sezione di 185 mm^2,
- 25 % per la sezione di 240 mm^2,
- 30 % per la sezione di 300 mm^2.

Per sezioni superiori: occorre fare un calcolo d'impedenza esatto con X = 0,08 mΩ/m.

Protezione contro i contatti indiretti (seguito)

Protezione con interruzione automatica dell'alimentazione (seguito)

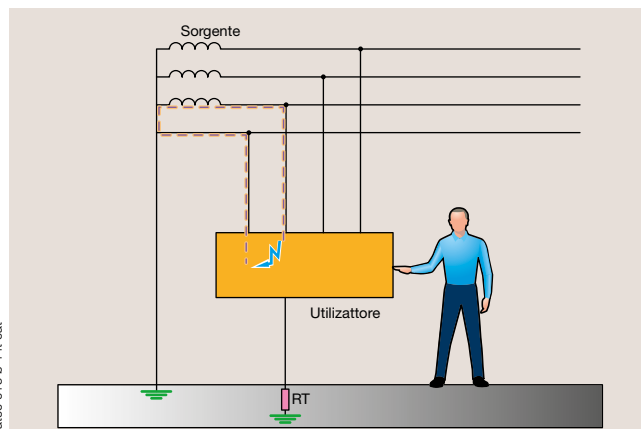
In regime TT

In regime TT, la protezione è assicurata da dispositivi differenziali.
In questo caso, la sezione e la lunghezza dei conduttori non intervengono.
Occorre semplicemente assicurarsi che la resistenza della presa di terra sia tale che:

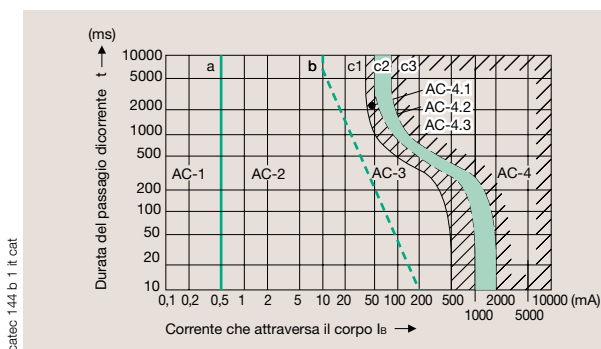
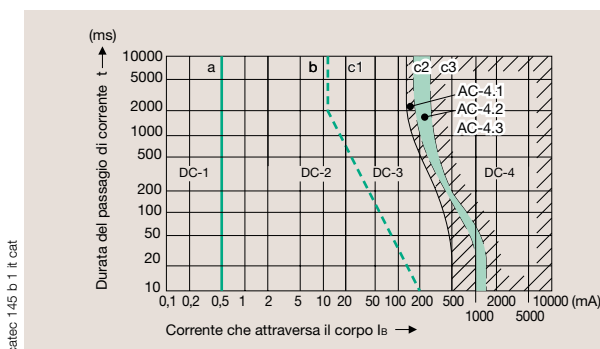
$$RT < \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

UL: tensione limite
IΔn: corrente di regolazione del dispositivo differenziale

Esempio:
si può limitare la tensione di contatto in caso di guasto a UL = 50 V.
Il dispositivo differenziale è regolato a IΔn = 500 mA = 0,5 A.
La resistenza della presa di terra non dovrà superare:

$$R_{T\ maxi} = \frac{50\ V}{0,5\ A} = 100$$

Corrente di guasto in regime TT.

Effetto della corrente elettrica sul corpo umano

Con i suoi effetti fisiopatologici, la corrente che attraversa il corpo umano influisce sulle funzioni circolatorie e respiratorie e può provocare gravi ustioni o addiritura causare la morte.

Corrente alternata (da 15 a 100 Hz).

Corrente continua

Le zone da -1 a -4 corrispondono ai diversi livelli di effetti:
AC/DC-1: nessuna percezione,
AC/DC-2: percezione, senza effetti fisiologici,
AC/DC-3: effetti reversibili, contrazioni muscolari,
AC/DC-4: possibilità di effetti irreversibili.

Protezione contro i contatti indiretti con fusibili

Lunghezza massima dei conduttori protetti con fusibili

La lunghezza dei conduttori protetti contro i contatti indiretti deve essere limitata.
Le tabelle B e C forniscono una lettura diretta delle lunghezze massime dei conduttori di rame. Esse sono determinate alle seguenti condizioni:
- rete a 230/400 V,
- schema TN,
- tensione di contatto massima UL = 50 V
- $\frac{Ø\ ph}{Ø\ PE} = m = 1$.

Per altri utilizzi, occorre moltiplicare il valore trovato nelle tabelle B e C per il coefficiente della tabella A.

Tabella A

		Coefficiente di correzione
Conduttore di alluminio		0,625
Sezione PE = 1/2 sezione fase (m = 2)		0,67
Regime IT	senza neutro	0,86
	con neutro	0,5
Tempo di interruzione de 5s ammissibile. (circuite di distribuzione)	per canalizzazioni protette con fusibili gG	1,88
	per canalizzazione protette con fusibili aM	1,53

Tabella B: lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili gG

S (mm^2) \ (A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	8	4	3									
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4						
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	28	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4	
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	111	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	62	37	23	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	145	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

Tabella C: lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili aM

S (mm^2) \ (A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8		6	5	4					
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	16	12	9	8	6
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23
120					904	723	574	462	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	562	439	351	281	223	175	140	11	88	70	56

Esempio: Un circuito è costituito da un cavo di rame 3 x 6 mm^2 protetto con un fusibile da 40 A gG. La sua lunghezza dovrà essere inferiore a 73 m perché la protezione contro i contatti indiretti sia assicurata in TN 230 V/400 V.
- Se il cavo è di alluminio, la lunghezza massima è di: 0,625 x 73 m = 45,6 m
- In schema IT con neutro e cavo d'alluminio per un'alimentazione di armadio di partenza utenze, la lunghezza è di: 0,625 x 0,5 x 73 m = 22,8 m
- In schema IT con neutro e cavo d'alluminio per un'alimentazione di armadio di partenza utenze, la lunghezza è di: 0,625 x 0,5 x 1,88 = 42,8 m.

Protezione contro i contatti indiretti con relè differenziale

In regime TT

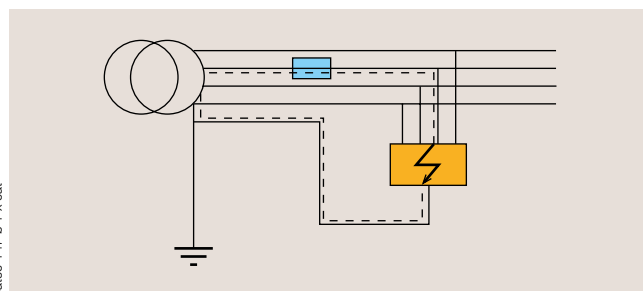
La protezione differenziale rappresenta praticamente l'unico mezzo di protezione contro i contatti indiretti in questo regime.
Per evitare, per esempio, una tensione di contatto superiore a 50 V, occorre che la corrente IΔn sia tale che:

$$I_{\Delta n} \le \frac{50}{R_p}$$

Rp: resistenza della presa di terra in Ω

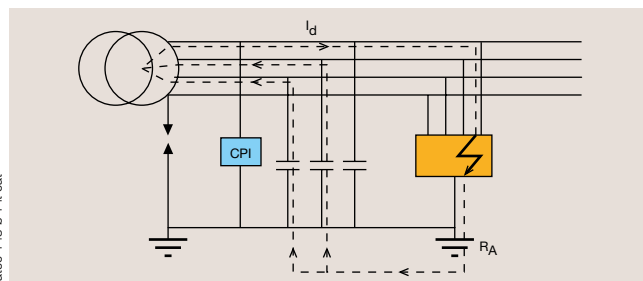
In caso di prese di terra dalla realizzazione particolarmente difficile, i cui valori possono superare il centinaio di ohm (alta montagna, zone aride ecc.), la disposizione precedente può essere soddisfatta con l'installazione di apparecchi ad alta sensibilità (H.S.).

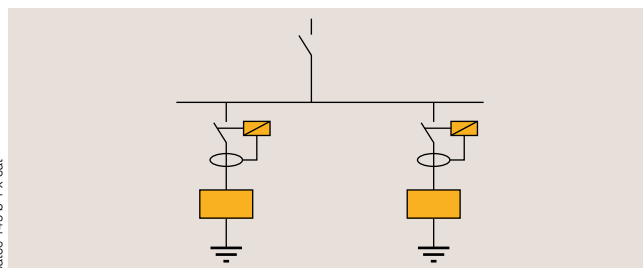
In regime TNS

In questo regime, la corrente di guasto equivale a una corrente di cortocircuito tra fase e neutro. Quest'ultima è eliminata con dispositivi adeguati (fusibili, interruttori automatici ecc.) in un tempo compatibile con la protezione contro i contatti indiretti. Quando questo tempo non può essere rispettato (canalizzazioni troppo lunghe, per cui I_{cc} min. insufficiente, tempo di reazione degli apparecchi di protezione troppo lungo ecc.), occorre accompagnare la protezione contro le sovracorrenti con una protezione differenziale. Questa applicazione permette di garantire una protezione contro i contatti indiretti, praticamente indipendente dalla lunghezza della canalizzazione.

In regime iT

Normalmente non occorre aprire il circuito al primo guasto. Al secondo guasto si può produrre una tensione di contatto pericolosa sia su masse collegate a prese di terra non interconnesse o lontane, sia tra masse accessibili simultaneamente e collegate a una stessa presa di terra, con circuiti di protezione dall'impedenza troppo elevata.

Per queste ragioni, in regime IT è obbligatorio un dispositivo differenziale:

- all'origine delle parti dell'impianto alle quali sono collegate le reti di protezione o le masse, con prese di terra non interconnesse,
- nella stessa situazione indicata in TN-S (condizioni d'interruzione al secondo guasto non assicurata dai dispositivi di protezione contro le sovracorrenti nelle condizioni di sicurezza richieste).

Protezione contro i contatti indiretti dei gruppi di masse collegate a prese di terra indipendenti

In regime di neutro TT come in IT, quando le masse degli apparecchi elettrici sono collegate a prese di terra separate a valle di una stessa alimentazione, ogni gruppo di masse deve essere protetto rispettivamente da un apposito dispositivo.

Dispensa da protezione ad alta sensibilità (H.S.) sulle prese d'alimentazione degli apparecchi informatici

Gli apparecchi informatici possono presentare notevoli correnti di fuga, che ne rendono aleatorio l'utilizzo a valle di un dispositivo differenziale ad alta sensibilità.
Il ministero del lavoro ha fatto una proposta, con l'ordinanza dell'8/01/92, che fissa le modalità pratiche per la realizzazione di misure di protezione supplementari contro i contatti diretti; è pertanto possibile non installare dispositivi H.S. per le prese di corrente ≤ 32 A che alimentano apparecchi di classe I fissi o semifissi, se l'interruzione di tali prese, non provocata da un guasto d'isolamento, sia incompatibile con le esigenze di servizio.
La decisione sull'opportunità di usufruire di questa deroga per determinate prese spetta esclusivamente al caporeparto. Tali prese apposite, prive di protezione H.S., devono essere sottoposte a una specifica identificazione per impedirne l'utilizzo in applicazioni diverse.

Cadute di tensione

La caduta di tensione è la differenza di tensione osservata tra il punto d'origine dell'impianto e il punto di collegamento di un'utenza.
Per assicurare il buon funzionamento utilizzatori, le norme IEC 60364 definiscono una caduta di tensione massima (vedere tabella A).

Tabella A: NF C 15100 caduta massima di tensione

	Illuminazione	Altri impieghi
Alim. diretta da rete di distribuz. pubblica a bassa tensione	3 %	5 %
Alimentazione da stazione ad alta, media e bassa tensione	6 %	8 %

Calcolo della caduta di tensione in un cavo di lunghezza L

$$\Delta u = Ku \times I\,(A) \times L\,(km)$$

Tabella B: valori di Ku

Sezione del cavo mm²	Corrente continua	Cavi pluriconduttori o monoconduttori in trefolo			Cavi monoconduttori messi insieme			Cavi monoconduttori separati		
		cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8	cos 0,3	cos 0,5	cos 0,8
1,5	30,67	4,68	7,74	12,31	4,69	7,74	12,32	4,72	7,78	12,34
2,5	18,40	2,84	4,67	7,41	2,85	4,68	7,41	2,88	4,71	7,44
4	11,50	1,80	2,94	4,65	1,81	2,95	4,65	1,85	2,99	4,68
6	7,67	1,23	1,99	3,11	1,24	1,99	3,12	1,27	2,03	3,14
10	4,60	0,77	1,22	1,89	0,78	1,23	1,89	0,81	1,26	1,92
16	2,88	0,51	0,79	1,20	0,52	0,80	1,20	0,55	0,83	1,23
25	1,84	0,35	0,53	0,78	0,36	0,54	0,78	0,40	0,57	0,81
35	1,31	0,27	0,40	0,57	0,28	0,41	0,58	0,32	0,44	0,60
50	0,92	0,21	0,30	0,42	0,22	0,31	0,42	0,26	0,34	0,45
70	0,66	0,17	0,23	0,31	0,18	0,24	0,32	0,22	0,28	0,34
95	0,48	0,15	0,19	0,24	0,16	0,20	0,25	0,20	0,23	0,27
120	0,38	0,13	0,17	0,20	0,14	0,17	0,21	0,18	0,21	0,23
150	0,31	0,12	0,15	0,17	0,13	0,15	0,18	0,17	0,19	0,20
185	0,25	0,11	0,13	0,15	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
240	0,19	0,10	0,12	0,12	0,11	0,13	0,13	0,15	0,16	0,15
300	0,15	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,15	0,15	0,14
400	0,12	0,09	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,14	0,14	0,12

Circuiti monofase: moltiplicare i valori per 2.

Esempio
Un motore da 132 kW consuma 233 A a 400 V. È alimentato con cavi monoconduttori in rame, con sezione di 150 mm² e lunghezza di 200 m (0,2 km).
- In funzionamento normale cos φ = 0,8; Ku = 0,18
  Δu = 0,18 x 233 x 0,2 = 8,4 V ossia 3,6 % di 230 V.
- In avviamento diretto cos φ = 0,3 et Id = 5 In = 5 x 233 A = 1165 A; Ku = 0,13
  Δu = 0,13 x 1165 x 0,2 = 20,3 V ossia 8,8 % di 230 V.

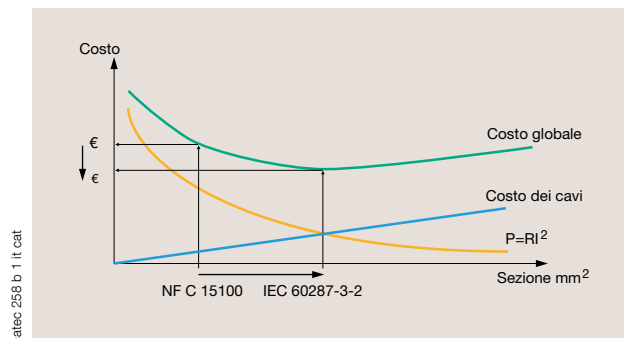
La sezione del conduttore è sufficiente per il rispetto delle cadute di tensione massime imposte dalla norma IEC 60364.

Nota
Questo calcolo è valido per 1 cavo per fase. Per n cavi per fase, basta dividere la caduta di tensione per n.

Metodo detto delle "Sezioni economiche"

La norma IEC 60364, che regolamenta l'installazione, autorizza un dimensionamento delle canalizzazioni con cadute di tensione che possono raggiungere il 16 % per circuiti monofasi. Per la maggiore parte dei circuiti di distribuzione, la pratica è di accettare l'8 % che corrisponde alla proporzione di energia persa. La norma IEC 60287-3-2 propone, per definire una canalizzazione, un approccio complementare che prende in considerazione l'investimento e il consumo di energia previsto.

catec 258 b 1 it cat

Dispositivi di apertura

Norme di costruzione IEC 60947-1 e IEC 60947-3

Definizioni

Interruttore di manovra (IEC 60947-3 § 2.1)

"Apparecchio meccanico di collegamento capace:
- di stabilire, di sopportare e di interrompere le correnti in condizioni normali (a) del circuito, ivi comprese eventualmente le condizioni specifiche di sovraccarichi di servizio,
- di sopportare per una durata specifica delle correnti in condizioni anomale del circuito come quelle del cortocircuito" (un interruttore può essere capace di stabilire delle correnti di cortocircuito, ma di non essere capace di aprirle).

** Le condizioni normali corrispondono di solito all'uso di un'apparecchiatura in una temperatura ambiente di 40 °C per una durata di 8 ore.*

Sezionatore (IEC 60947-3 § 2.2)

"Apparecchio meccanico di collegamento che soddisfa, in posizione di apertura, le prescrizioni specifiche per la funzione di sezionamento. È capace di sopportare delle correnti in condizioni normali del circuito e delle correnti per una durata specifica in condizioni anormali."

Sezionatore (definizione abituale) : apparecchio che non ha il potere di chiusura e di apertura sotto carico.

Interruttore-sezionatore (IEC 60947-3 § 2.3)

Interruttore che nella sua posizione di apertura soddisfa le condizioni di isolamento specifiche per un sezionatore.

Interruttore-sezionatore con fusibili (IEC 60947-3 § 2.9)

Interruttore-sezionatore nel quale uno o più poli hanno un fusibile in serie in un apparecchio combinato.

(1) Soglia non fissata dalla norma. (2) Dal fusibile.
Corrente normale
Corrente di sovraccarico
Corrente di cortocircuito

Funzioni

Azione di separazione dei contatti

Questa azione è assicurata dall'insieme degli apparecchi detti "adatti al sezionamento" che seguono la norma degli apparecchi meccanici di collegamento, IEC 60947-3 o che seguono la norma IEC 60364 § 537-2.

La verifica secondo la norma IEC 60947-3 dell'idoneità al sezionamento viene effettuata tramite 3 prove:
- la prova dielettrica che definisce una resistenza all'innesco (U_{imp} : tensione di tenuta agli shock) che caratterizza la distanza di apertura dei contatti nell'aria. Di solito U_{imp} = 8 kV per U_e = 400/690 V,
- la misura delle correnti di fuga (I_f) che definisce una resistenza di isolamento nella posizione aperta caratterizzata in parte dalle linee di fuga. A 110 % di U_e, I_f < 0,5 mA (apparecchio nuovo) e I_f < 6 mA (apparecchio al termine del ciclo di vita)
- il controllo della robustezza del meccanismo del dispositivo di comando e dell'indicatore di posizione il cui obiettivo è quello di confermare l'affidabilità "meccanica" delle indicazioni di posizione. La prova consiste, con l'apparecchio bloccato volontariamente in posizione "I", di applicare, per aprire l'apparecchio, una forza tre volte superiore allo sforzo normale sul dispositivo di comando.
  Il lucchettaggio dell'apparecchio in posizione "O" non deve essere possibile durante l'applicazione di questo sforzo. L'apparecchio non deve indicare la posizione "O" dopo l'applicazione della forza. Questa prova non è necessaria quando esiste un altro mezzo del dispositivo di comando per indicare l'apertura dei contatti : indicatore meccanico di stato, solidale alla barra dei contatti, visibilità diretta dei contatti…
  Questa terza prova risponde alla definizione della chiusura "completamente apparente" per assicurare la funzione di sezionamento in bassissima tensione (500 V < U ≤ 1000 VAC e 750 V < U ≤ 1500 VDC).
  Quest'ultima caratteristica è richiesta dalla NF C 15100, tranne per la SELV o PELV (U ≤ 50 VAC o 120 VDC).

Azione di apertura sotto carico e in sovraccarico

Questa azione è assicurata dagli apparecchi definiti per stabilire e aprire in normali condizioni di carico e di sovraccarico.
Le prove di questo tipo permettono di caratterizzare gli apparecchi adatti a stabilire e ad aprire carichi specifici. Questi ultimi possono avere delle correnti di spunto molto elevate con un cos φ molto basso (motore in fase di avviamento o a rotore bloccato).
Queste caratteristiche corrispondono alle categorie di impiego degli apparecchi.

Azione di apertura in caso di cortocircuito

Un interruttore di manovra non è destinato ad aprire una corrente di cortocircuito. Tuttavia la sua tenuta dinamica deve essere tale che esso sopporti il guasto fino alla sua eliminazione grazie al dispositivo di protezione associato.
Sugli interruttori con fusibili, il cortocircuito è interrotto dai fusibili *(vedere capitolo "Protezione fusibili" pagine 695 e 697)* con il grande vantaggio di limitare le correnti di guasto di forte intensità.

Norme di costruzione IEC 60947-1 e IEC 60947-3 (seguito)

Caratteristiche

Condizione e categoria di impiego che seguono la norma IEC 60947-3

Tabella A

Categoria d'impiego		Utilizzo	Applicazione
AC-20	DC-20	Chiusura e apertura a vuoto.	Sezionatori (1)
AC-21	DC-21	Carichi resistivi compresi moderati sovraccarichi.	Interruttori a monte dell'installazione o per utilizzatori resistivi (riscaldamento, illuminazione, tranne lampade a scarica…).
AC-22	DC-22	Carichi misti resistivi e induttivi compresi moderati sovraccarichi.	Interruttori nei circuiti secondari o per utilizzatori reattivi (batterie di condensatori, lampade a scarica, motori shuntati…).
AC-23	DC-23	Carichi costituiti da motori o altri carichi fortemente induttivi.	Interruttori che alimentano uno o più motori o utilizzatori specifici (ascensori, elettrofreni, motori in serie…).

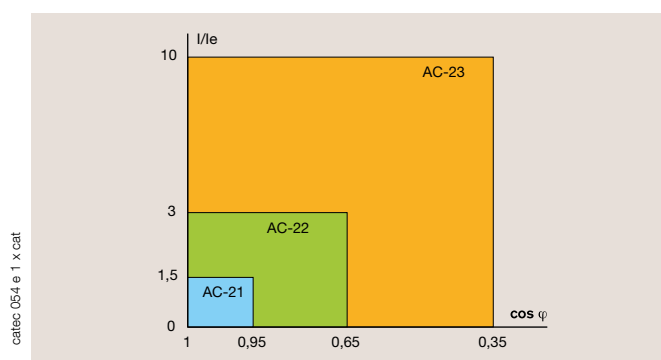
(1) Questi apparecchi attualmente sono sostituiti da interruttori-sezionatori per evidenti motivi di sicurezza della manovra.

Potere di apertura e di chiusura

Contrariamente agli interruttori automatici per i quali questi criteri designano le caratteristiche di sgancio o di chiusura su cortocircuiti che possano aver bisogno della sostituzione dell'apparecchio, i poteri di apertura e di chiusura per gli interruttori corrispondono ai valori massimi di performance delle categorie di impiego.

In seguito a questi usi estremi, l'interruttore dovrà ancora assicurare le sue funzioni e mantenere le sue caratteristiche, in particolare per quel che riguarda le resistenza alle correnti di fuga e al surriscaldamento.

Tabella B

	Chiusura		Apertura		Numero di cicli di monovre
	I/I_e	cos φ	I/I_e	cos φ	
AC-21	1,5	0,95	1,5	0,95	5
AC-22	3	0,65	3	0,65	5
AC-23 $I_e \leq 100$ A	10	0,45	8	0,45	5
$I_e > 100$ A	10	0,35	8	0,35	3
	L/R (ms)		L/R (ms)		
DC-21	1,5	1	1,5	1	5
DC-22	4	2,5	4	2,5	5
DC-23	4	15	4	15	5

Resistenza elettrica e meccanica

La norma fissa il numero minimo di manovre elettriche (a pieno carico) e meccaniche (a vuoto) effettuate dall'apparecchio.

Queste caratteristiche definiscono, in teoria, la fine della vita utile dell'apparecchio che deve conservare le proprie caratteristiche, come è noto, di resistenza alla corrente di fuga e al surriscaldamento. Queste prestazioni sono legate al calibro dell'apparecchio ed al suo utilizzo. In funzione dell'utilizzo previsto, sono definite due categorie di impiego complementari:

- cat A: manovre frequenti (a monte di un'utenza terminale),
- cat B: manovre non frequenti (a monte dell'installazione o a livello della distribuzione).

Tabella C

I_e (A)	≤ 100	≤ 315	≤ 630	≤ 2500	> 2500
N° di cicli/ora	120	120	60	20	10
N° di manovre nella categoria A					
a vuoto	8500	7000	4000	2500	1500
a pieno carico	1500	1000	1000	500	500
Totale	10000	8000	5000	3000	2000
N° di manovre nella categoria B					
a vuoto	1700	1400	800	500	300
a pieno carico	300	200	200	100	100
Totale	2000	1600	1000	600	400

Corrente di impiego I_e

La corrente di impiego (Ie) è determinata dalle prove di resistenza (meccanica e elettrica) e dalle prove relative al potere di apertura e di chiusura.

Caratteristiche di cortocircuito

- Corrente di breve durata ammissibile (Icw): valore efficace della corrente che l'interruttore può sopportare per un determinato intervallo di tempo (1 secondo).
- Corrente di chiusura su cortocircuito (Icm): valore di picco della corrente che l'apparecchio può sopportare quando viene chiuso su un cortocircuito.
- Corrente di cortocircuito condizionale: valore efficace della corrente presunta tollerabile dall'interruttore quando è associato ad un fusibile o ad un altro dispositivo di protezione atto a limitare l'intensità e la durata del cortocircuito.
- Tenuta dinamica: valore della corrente di picco che l'apparecchio può sopportare quando è chiuso.

La caratteristica fissata dalla norma è la corrente ammissibile di breve durata (I_{cw}) da cui si deduce la tenuta dinamica minima. Questa tenuta essenziale corrisponde al carico tollerabile dall'apparecchiatura senza che avvenga la saldatura dei contatti.

Norme di installazione IEC 60364

Sezionamento § 536-2

Questa funzione è destinata ad assicurare la messa fuori tensione di tutto o di una parte dell'impianto mediante la separazione dell'installazione stessa o della parte in questione da qualsiasi sorgente di energia per ragioni di sicurezza.

Le azioni che conseguono dalla funzione di sezionamento possono essere distinte nel modo seguente:

- **azione che interessa la totalità dei conduttori attivi,**
- **azione che può essere assicurata a vuoto** a condizione che siano previste delle condizioni complementari che assicurino una o più aperture di corrente di impiego (contatto ausiliario di preapertura, pannello di segnalazione "divieto di manovra sotto carico", ecc). Per una maggiore sicurezza, attualmente l'apertura può essere assicurata da un dispositivo anche dotato di un potere di apertura sotto carico oltre che delle caratteristiche di sezionamento (interruttore di manovra - sezionatore),
- **azione di separazione dei contatti.**

Apertura per manutenzione meccanica § 536-4

Questa funzione ha lo scopo di mettere e mantenere in stato di fermo una macchina per effettuare delle operazioni di manutenzione o riparazione meccanica che possono comportare rischi di lesioni al personale oppure per fermi macchina di lunga durata.

Si richiede che l'installazione di questi dispositivi, atti allo scopo, li renda facilmente identificabili e idonei all'uso previsto.

I dispositivi di apertura per la riparazione meccanica devono realizzare la funzione di sezionamento e di apertura di emergenza.

Per questa funzione viene anche utilizzata una cassetta di apertura locale di sicurezza.

All'interno di queste cassette vengono di solito installati degli interruttori di manovra – sezionatori ad apertura visibile, per aver la possibilità dall'esterno di verificare la posizione dei contatti. L'uso dell'apertura visibile è richiesto per il rafforzamento dei sistemi di sicurezza per il personale chiamato a intervenire in zone pericolose, in particolare su le installazioni ad elevato rischio meccanico dove la maniglia danneggiata non è più in grado di indicare con sicurezza la posizione dell'interruttore.

Apertura di emergenza § 536-3

Questa funzione ha lo scopo di assicurare la messa fuori tensione degli utilizzatori e dei circuiti terminali. Ovvero di mettere fuori tensione le utenze per prevenire i rischi di incendio, di ustione o di scosse elettriche. Legata a questa funzione è la caratteristica di velocità, di facilità di accesso e di identificazione del comando dell'apparecchiatura su cui andare a monovrare.

Tale rapidità di intervento dipende dalle condizioni di agibilità dei locali in cui sono installati gli impianti, dalle apparecchiature utilizzate o dalle persone presenti.

Le azioni che conseguono alla funzione di apertura di emergenza possono essere distinte nel seguente modo :

- **azione da assicurarsi sotto carico,**
- **azione che deve interessare la totalità dei conduttori attivi.**

Arresto di emergenza IEC 60204 § 10-7

Questa funzione si differenzia dall'apertura di emergenza per il fatto di prendere in considerazione i rischi legati alle parti in movimento delle macchine.

Le azioni che conseguono alla funzione di arresto di emergenza possono essere distinte nel seguente modo :

- **azione da assicurarsi sotto carico,**
- **azione che deve interessare la totalità dei conduttori attivi,**
- **considerazioni dell'eventuale frenatura.**

Comando funzionale § 536-5

L'utilizzo razionale di un impianto elettrico deve prevedere la possibilità di un intervento locale senza mettere fuori servizio l'impianto stesso. Oltre al comando selettivo, il comando funzionale comprende la commutazione, il distacco carichi, ecc.

Le azioni che conseguono dalla funzione di comando funzionale possono essere distinte nel seguente modo :

- **azione da assicurarsi sotto carico,**
- **azione che non deve interessare la totalità dei conduttori attivi (per esempio solo due fasi su tre di un motore).**

Scelta di un apparecchio di apertura

Scelta in funzione alla tensione di isolamento

Le tensione di isolamento definisce la tensione massima di utilizzo dell'apparecchiatura in condizioni normali della rete.

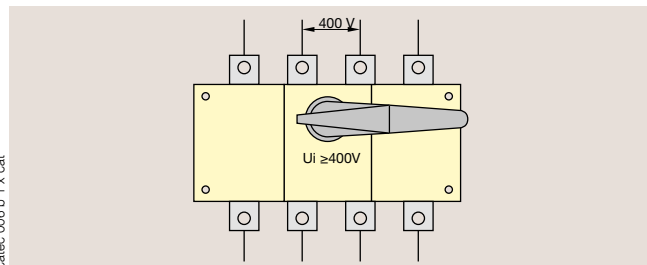



Fig. 1.

Esempio

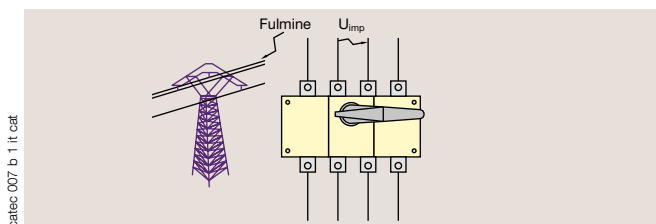
In una rete 230 V/400 V, bisognerà scegliere un apparecchio in cui la tensione d'isolamento $U_i \geq 400$ V (vedere fig.1).
In una rete 400 V/690 V, bisognerà prendere in considerazione un apparecchio in cui la tensione d'isolamento $U_i \geq 690$ V.

Prove dielettriche

Per caratterizzare la qualità d'isolamento dielettrico di un apparecchio, la norma IEC 60947-3 prevede le seguenti prove:
- tenuta a U_{imp} sui nuovi apparecchi prima delle prove (corto-circuiti, resistenze…),
- verifica della rigidità dielettrica dopo queste prove con la tensione 1,1 x U_i.

Tensione della tenuta agli urti U_{imp}

Essa caratterizza l'utilizzo di un apparecchio in condizioni anormali della rete per sovratensioni dovute ad esempio:
- all'azione del fulmine sulle linee aeree,
- alle manovre sulle apparecchiatura dei circuiti in alta tensione.

Questa caratteristica esprime anche la qualità dielettrica dell'apparecchio (esempio: U_{imp} = 8 kV).

Tenuta del apparechio a U_{imp}.

Scelta in base al regime di neutro

Rete trifase con neutro distribuito

Regime	Sezione neutro ≥ sezione fase	Sezione neutro < sezione fase
TT	N R S T	N R S T (1)
TNC	PEN R S T	PEN R S T
TNS	N R S T	
IT con neutro	N R S T (2)	N R S T (2)

(1) Il neutro non è da proteggere se il conduttore di neutro è protetto contro i corto circuiti dal dispositivo di protezione delle fasi e se la corrente massima di guasto sul neutro è di molto inferiore alla corrente massima ammissibile per il cavo (IEC 60364).

(2) La messa in servizio di un fusibile sul neutro deve essere obbligatoriamente associato aun dispositivo di scatto fusibile dello stesso fusibile. Questa detezione deve provocare l'apertura delle fasi corrispondenti per evitare il funzionamento di una installazione senza il neutro.

Scelta di un apparecchio di apertura (seguito)

Dimensionamento del polo neutro in funzione della presenza di armoniche

Sezione del neutro < Sezione delle fasi

In presenza di armoniche della corrente di grado 3 e multipli di 3 di cui il tasso è inferiore a 15 %.

Sezione del neutro = Sezione delle fasi

In presenza di armoniche della corrente di grado 3 e multipli di 3 di cui il tasso è compreso tra 15 % è 33 % (distribuzione per lampade a scarica, dei tubi fluorescenti, per esempio).

Sezione del neutro > Sezione delle fasi

In presenza di armoniche della corrente di grado 3 e multipli di 3 di cui il tasso è superiore a 33 % (circuiti dedicati all'informatica per esempio), il paragrafo 524.2 della IEC 60364 propone una sezione uguale a 1.45 volte la sezione delle fasi.

Utilizzo in corrente continua

Le caratteristiche di corrente d'impiego indicate nel catalogo generale sono definite per la fig. 1, tranne se viene precisato "2 poli in serie" (In questo caso, vedere la fig. 2).

Esempio 1 : collegamento in parallelo dei poli
Un apparecchio SIRCO 400 A usato su una rete a 500 V DC con una corrente di impiego di 400 A nella categoria DC23 deve avere 2 poli in serie per polarità.

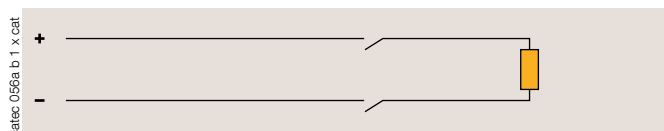
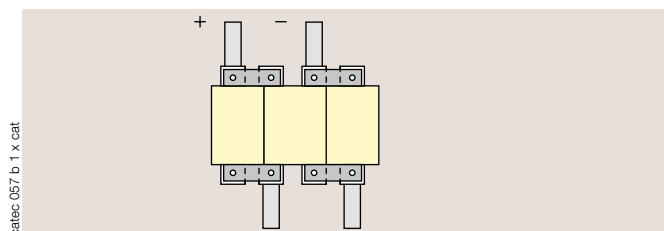



Fig. 1 : 1 polo per polarita.

Fig. 2 : 2 poli in serie per polarita.

Esempio 2 : collegamento in parallelo dei poli
Apparecchio 4 poli utilizzato in 2 x 2 poli in parallelo.
Precauzione di collegamento : fare in modo che la corrente sia correttamente ripartita nei due rami.

Casi di utilizzo

Uso per protezione

Nel caso di utilizzo di apparecchi con bobina di sgancio SIDERMAT, FUSOMAT o IDE per la protezione contro i contatti indiretti o contro i cortocircuiti, bisogna tener conto dei tempi di apertura di questi apparecchi. L'intervallo di tempo tra il momento in cui viene impartito il comando e l'apertura effettiva è inferiore a 0,05 sec.

Uso per commutazione di rete

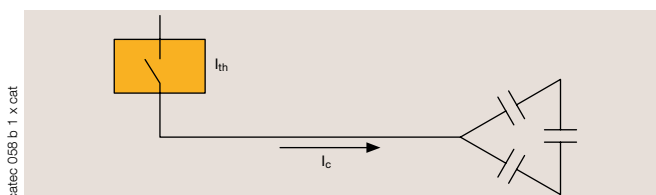
Il tempo di manovra 0 - I o 0 - II va da 0,7 a 2,1 sec. a seconda degli apparecchi.
Il tempo di commutazione I - II va da 1,1 a 3,6 sec.

Casi di utilizzo (seguito)

Uso a monte di una batteria di condensatori

Scegliere in generale un interruttore di cui il calibro sia superiore a 1,5 volte il valore della corrente nominale della batteria di condensatori (I_c).

$I_{th} > 1,5\ I_c$

catec 058 b 1 x cat

Uso al primario di un trasformatore

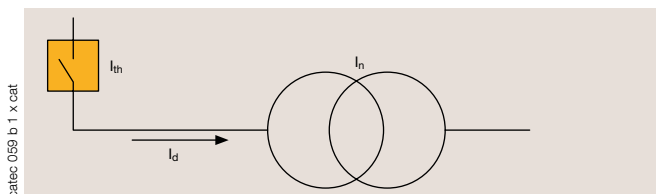
Assicurarsi che il potere di chiusura dell'interruttore sia superiore al valore di picco della corrente transitoria di magnetizzazione (I_d) del trasformatore.

Potere di chiusura $> I_d$

catec 059 b 1 x cat

Tabella A

P kVA	50	100	160	250	400	630	1000	1250	1600
I_d / I_n	15	14,5	14	13	12	11	10	9	8,5

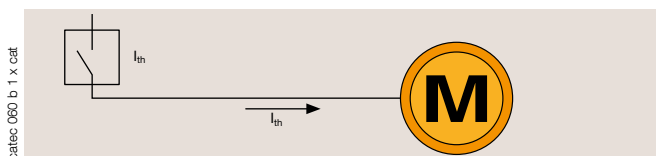
I_d: corrente di magnetizzazione del trasformatore I_n: corrente nominale del trasformatore.

A monte di un motore

Apertura e sezionamento locale di sicurezza

In apertura locale di sicurezza, l'interruttore deve possedere la caratteristica AC-23 alla corrente nominale del motore (I_n).

Nei circuiti di alimentazione dei motori con avviamenti frequenti

È necessario determinare la corrente termica equivalente (I_{thq}).
Le correnti ed i tempi di avvio sono molto variabili a seconda del tipo di motore e dell'inerzia del rotore o del volano o dell'apparecchio che il motore trascina. Di solito si trovano, per un avvio diretto, i seguenti range di valori:
- corrente di picco: 8 a 10 I_n,
- durata della corrente di picco: 20 a 30 ms,
- corrente di avvio I_d: 4 a 8 I_n,
- tempo di avviamento t_d: da 2 a 4 sec.

catec 060 b 1 x cat

Esempi di declassamento in funzione del tipo di avviamento.

$I_{thq} = I_n \times K_d$ et $I_{th} \geq I_{thq}$

Tabella B

Tipo di avviamento	I_d(4) / I_n	t_d(4)(s)	n(1)	K_d(2)
Diretto fino a 170 kW	6 a 8	0,5 a 4	n > 10	$\frac{\sqrt{n}}{3,16}$
Y - Δ (I_d/3)	2 a 2,5	3 a 6	n > 85	$\frac{\sqrt{n}}{9,2}$
diretto-motori a grande inerzia(3)	6 a 8	6 a 10	n > 2	$\frac{\sqrt{n}}{1,4}$

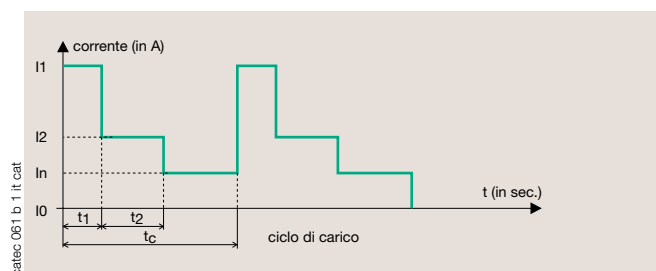
(1) n: numero di avviamenti per ora a partire dal quale è necessario declassare l'apparecchio.
(2) K_d: coefficiente di avviamento ≥ 1.
(3) Ventilatori, pompe…
(4) Valori medi molto variabili a seconda del tipo di motori e degli utilizzatori.

In caso di sovraccarichi ciclici (ecluso l'avviamento)

Per utilizzatori particolari (saldatrici, motori), che generano picchi ciclici di corrente, il calcolo della corrente equivalente (I_{thq}) può essere effettuato nel modo seguente:

$$I_{thq} = \sqrt{\frac{(I^2 1 \times t1) + (I^2 2 \times t2) + I_n^2 \times (t_c - [t1 + t2])}{t_c}}$$

I1: corrente di inserzione dell'utenza.
I2: corrente eventuale di sovraccarico intermedio.
I_n: corrente a regime.
t1 e t2: durata in secondi rispettivamente delle correnti I1 e I2.
tc: durata in secondi del ciclo con un limite inferiore fissato a 30 secondi.

catec 061 b 1 it cat

Funzionamento ciclico

Limiti d'uso

Certe condizioni d'utilizzo impongono di modificare la corrente termica mediante un fattore di correzione e di non superare il valore così ottenuto.

Kt correzione dovuta alla temperatura

Temperatura dell'aria nella vicinanza dell'apparecchio

Tabella A: fattori di correzione in funzione della temperatura ta

Kt: fattore di correzione	
0,9	40 °C < ta ≤ 50 °C
0,8	50 °C < ta ≤ 60 °C
0,7	60 °C < ta ≤ 70 °C

- Metodo veloce.

$I_{thu} \leq I_{th} \times K_t$

- Un calcolo più preciso può essere fatto in funzione di ogni uso: Consultarci.

Utilizzo in combinazione con fusibili

- Metodo veloce.
  Un interruttore deve essere declassato di un fattore 0,8 quando le basi dei fusibili sono direttamente collegate ai loro morsetti.
  Esempio: un sezionatore combinato da 1250 A sarà composto da un interruttore da 1600 A e di 3 fusibili da 1250 A gG.
- Un calcolo più preciso è possibile in funzione dei diversi esempi d'uso: Consultarci.

Altri declassamenti in funzione della temperatura

- Interruttori con fusibili per fusibili UR.
- Utilizzo continuo (su tre turni). In certi casi è necessario un declassamento per funzionamento a pieno carico 24h/24: Consultarci.

Kf correzione dovuta alla frequenza

Tabella B: fattori di correzione in funzione della frequenza f

Kf: fattore di correzione	
0,9	100 Hz < f ≤ 1000 Hz
0,8	1000 Hz < f ≤ 2000 Hz
0,7	2000 Hz < f ≤ 6000 Hz
0,6	6000 Hz < f ≤ 10000 Hz

$I_{thu} \leq I_{th} \times Kf$

Ka correzione dovuta all'altitudine

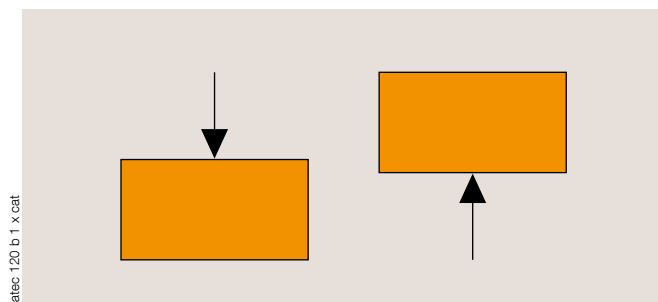
Tabella C: fattori di correzione in funzione dell'altitudine A

	2000 m < A ≤ 3000 m	3000 m < A ≤ 4000 m
U_e	0,95	0,80
I_e	0,85	0,85

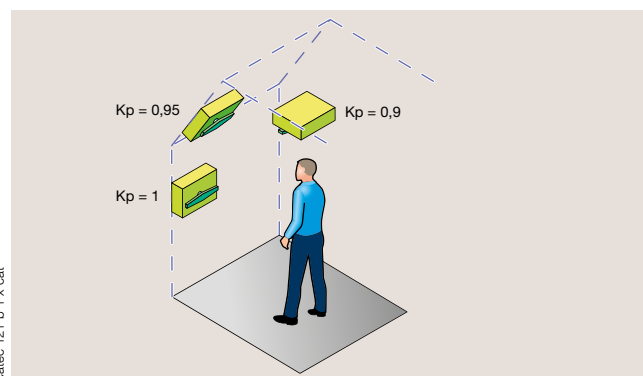
- Nessun declassamento in I_{th}.
- Declassamento in Ue e Ie valido in corrente alternata e in corrente continua.

Kp correzione dovuta alla posizione dell'apparecchio

Collegamento degli interruttori

Dal momento che la totalità degli apparecchi che compongono la gamma SOCOMEC sono a doppia apertura per polo (tranne FUSERBLOC 1250 A, FUSOMAT 1250 A e SIDERMAT combinati), l'alimentazione a monte o a valle dell'apparecchio può essere realizzata senza particolari precauzioni, eccezion fatta per le regole di localizzazione richieste in caso di alimentazione dal basso.

Senso del montaggio.

Montaggio e senso di posa degli interruttori

$I_{thu} \leq I_{th} \times Kp$

Declassamento in funzione della posizione.

Protezione fusibile

Caratteristiche generali

Il compito di un fusibile è quello di interrompere un circuito elettrico quando questi è soggetto ad una corrente di guasto. Inoltre, il fusibile ha il vantaggio di limitare considerevolmante le correnti di guasto (vedere esempio qui sotto). La caratteristica essenziale del fusibile è quella di essere un dispositivo di protezione affidabile, semplice ed economico.

Le caratteristiche tecniche del fusibile da tenere in considerazione per una scelta ottimale sono:

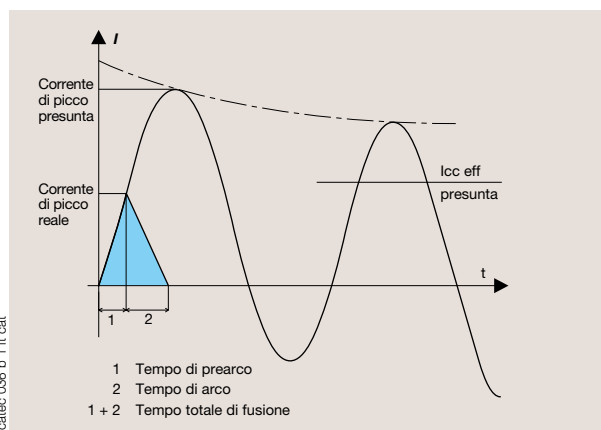
- tempo di prearco
  Tempo necessario ad una corrente per portare alla fusione, e successivamente allo stato di vapore, l'elemento fusibile.
  Il tempo di prearco è indipendente dalla tensione della rete.
- tempo d'arco
  Periodo compreso tra l'istante in cui appare l'arco e la sua estinzione totale (corrente nulla). Il tempo di arco dipende dalla corrente della rete, ma per i tempi di fusione totale > 40 ms è trascurabile rispetto al tempo di prearco.
- tempo di fusione totale
  Somma dei tempi di prearco e d'arco.
- potere di apertura
  Valore della corrente di cortocircuito presunta che il fusibile è in grado di interrompere ad una tensione di impiego specifica.
- sollecitazione termica, $\int_0^t I^2 \, dt$
  Valore dell'integrale della corrente di interruzione nell'unità di tempo di fusione totale espressa in A^2s (Ampere quadrato al secondo).

Limitazione della corrente di cortocircuito

I due parametri da prendere in considerazione per la limitazione la corrente di cortocircuito sono:

- la corrente di cresta realmente raggiunta nel circuito da proteggere,
- la corrente efficace presunta, che si svilupperebbe se il circuito fosse privo di fusibile.

Il diagramma di limitazione indica la corrispondenza tra questi due parametri *(vedere le pagine 695 e 697)*. Per conoscere la corrente di picco, che può realmente svilupparsi nel circuito elettrico protetto da un fusibile, bisogna:

- calcolare la corrente di cortocircuito efficace massima *(vedere pagina 668)*,
- riportare questa corrente sul diagramma di limitazione e leggere il valore di picco in funzione del calibro del fusibile che protegge il circuito.

Osservazione: c'è restrizione solo se t préarco < 5 ms (rete 50 Hz).

Esempio: Si desidera limitare una corrente di cortocircuito di 100 kA eff. utilizzando un fusibile 630 A gG.
La corrente eff. presunta di 100 kA eff. conduce ad una corrente di cresta presunta di: 100 x 2,2 = 220 kA.
Il fusibile infatti limita la corrente di picco a 50 kA, che rappresenta il 23 % del suo valore presunto (vedere figura 1); provocando in tal modo una riduzione degli sforzi elettrodinamici al 5 % del valore senza fusibile – riduzione quindi del 95% - (vedere figura 2) e una diminuzione della sollecitazione termica limitata al 2,1 % del suo valore (vedere figura 3).

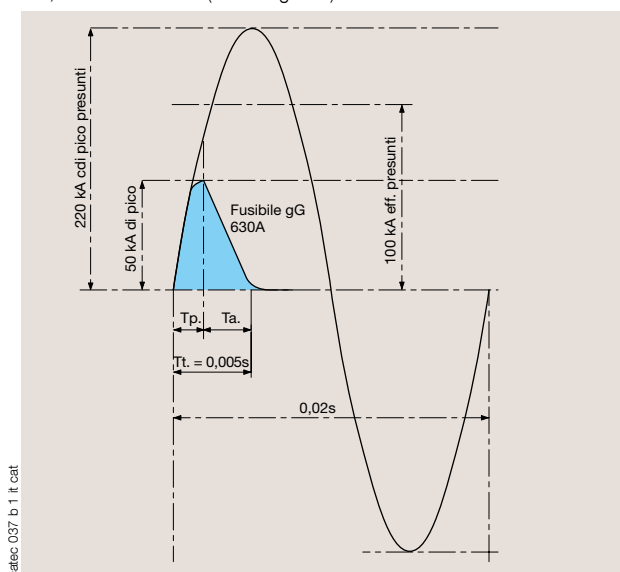



Fig. 1: limitazione della corrente di picco.

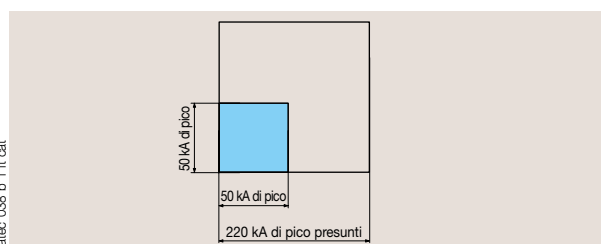



Fig. 2: limitazione degli sforzi elettrodinamici proporzionale al quadrato della corrente.

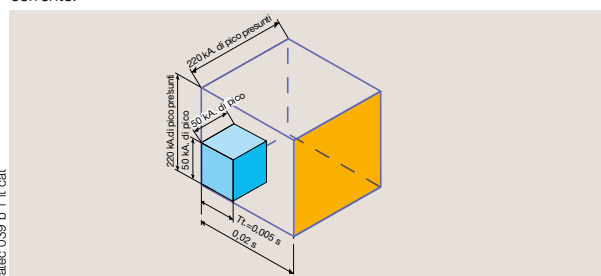



Fig. 3: limitazione della sollecitazione termica I x I x t.

Scelta di un fusibile "gG" o "aM"

La scelta di una protezione con fusibile deve essere fatta in funzione di 3 parametri :
- le caratteristiche della rete,
- le regole di installazione,
- le caratteristiche del circuito considerato.

I calcoli che seguono sono forniti a titolo indicativo, consultarci per maggiori dettagli o usi particolari.

Caratteristiche della rete

La tensione

Un fusibile non può mai essere utilizzato ad una tensione efficace superiore alla sua tensione nominale. A tensioni inferiori funziona senza problemi.

La frequenza

- f < 5 Hz : si considera che la tensione di impiego (Ue) è equivalente ad una tensione continua e U_e = U di picco.
- 5 ≤ f < 48 Hz
- 48 ≤ f < 1000 Hz : nessun declassamento in tensione.

$$U_e \leq ku \times U_n$$

f (in Hz)	5	10	20	30	40
ku	0,55	0,65	0,78	0,87	0,94

ku: coefficente di declassamento della tesione dovuto alla frequenza.

Corrente di cortocircuito

Dopo avere determinato la corrente di cortocircuito, bisogna verificare che il suo valore sia inferiore al potere di apertura del fusibile : 120 kA eff.

Regole di installazione

Uso di un fusibile sul neutro *(vedere pagina 684)*.

Schema dei collegamenti a terra

Seguento il regime di neutro, i fusibili avranno generalmente una o due funzioni di protezione :
- contro le sovracorrenti : A
- contro i contatti indiretti : B.

Schema	Protezioni
TT	A
IT	A + B
TNC	A + B
TNS	A + B

Caratteristiche del circuito

- Limite d'utilizzo dei fusibili in funzione della temperatura ambiente (ta) nelle vicinanze dell'apparecchio.

$$I_{th}u \leq Kt \times I_n$$

I_{th} u : corrente termica d'uso : corrente termica massima che l'apparecchio tollera per 8 ore in condizioni particolari
I_n : calibro del fusibile
Kt : coefficiente fornito dalla tabella sottostante.

Kt				
	Fusibile gG		Fusibile aM	
ta	Sulla base fusibile	Sull' apparecchiatura	Sulla base fusibile	Sull' apparecchiatura
40°	1	1	1	1
45°	**1**	**0,95**	**1**	**1**
50°	0,93	0,90	0,95	0,95
55°	**0,90**	**0,86**	**0,93**	**0,90**
60°	0,86	0,83	0,90	0,86
65°	**0,83**	**0,79**	**0,86**	**0,83**
70°	0,80	0,76	0,84	0,80

Se il fusibile è installato in una cassetta ventilata, bisogna moltiplicare i valori di Kt per Kv.
- Velocità dell'aria V < 5 m/s Kv = 1 + 0,05 V
- Velocità dell'aria V ≥ 5 m/s Kv = 1,25

Esempio : un fusibile gG montato su una base portafusibile è installato in una cassetta ventilata:
- temperatura nella cassetta : 60 °C
- velocità dell'aria: 2 m/s
  Kv = 1 + 0,05 x 2 = 1,1
  Kt = 1,1 x 0,86 = 0,95.

Scelta di un fusibile 'gG' o 'aM' (seguito)

Caratteristiche del circuito (seguito)

Precauzione d'utilizzo per altitudini > 2000 m

- Nessun declassamento in corrente.
- Il potere di apertura è limitato: consultarci.
- Declassamento di taglia consigliato.

A monte di un trasformatore di separazione

L'inserimento o il distacco completo di un carico su un trasformatore, o l'inserzione dello stesso a vuoto, provoca una sovracorrente di valore rilevante. Occorre quindi utilizzare un fusibile di tipo aM al primario, più adatto a tollerare sovraccarichi ripetuti. Il circuito sul secondario sarà protetto da fusibili di tipo gG.

A monte di un motore

La protezione contro i sovraccarichi dei motori è generalmente assicurata da un relè termico. La protezione dei conduttori d'alimentazione del motore è assicurata dai fusibili aM o gG. La tabella A indica i calibri dei fusibili da associare al relè termico in funzione della potenza del motore.

Nota:
- La corrente nominale di un motore varia da un costruttore all'altro. I valori della tabella A sono forniti a titolo indicativo.
- I fusibili aM sono da preferirsi ai fusibili gG per questa applicazione.
- In caso di avviamenti frequenti o difficili (avviamento diretto > 7 In per più di 2 sec. o avviamento > 4 In per più di 10 sec.), si consiglia di prendere un calibro superiore a quello indicato nella tabella. Tuttavia bisogna assicurarsi del coordinamento dell'associazione del fusibile con il contattore *(vedere pagina 701).*
- In caso di fusione di un fusibile aM, si consiglia di sostituire i fusibili anche delle due altre fasi.

Tabella A: protezione dei motori tramite i fusibili aM

Motore							
400 V tri			500 V tri			Calibri	Taglia consigliata
Kw	Ch	In A	Kw	Ch	In A		
7,5	10	15,5	11	15	18,4	20	10 x 38 o 14 x 51
11	**15**	**22**	**15**	**20**	**23**	**25**	**10 x 38 o 14 x 51**
15	20	30	18,5	25	28,5	40	14 x 51
18,5	**25**	**37**	**25**	**34**	**39,4**	**40**	**14 x 51**
22	30	44	30	40	45	63	22 x 58
25	**34**	**51**	**40**	**54**	**60**	**63**	**22 x 58**
30	40	60	45	60	65	80	22 x 58
37	**50**	**72**	**51**	**70**	**75**	**100**	**22 x 58**
45	60	85	63	109	89	100	22 x 58
55	**75**	**105**	**80**	**110**	**112**	**125**	**T 00**
75	100	138	110	150	156	160	T 0
90	**125**	**170**	**132**	**180**	**187**	**200**	**T 1**
110	150	205	160	220	220	250	T 1
132	**180**	**245**	**220**	**300**	**310**	**315**	**T 2**
160	218	300				315	T 2
200	**270**	**370**	**250**	**340**	**360**	**400**	**T 2**
250	340	475	335	450	472	500	T 3
315	**430**	**584**	**450**	**610**	**608**	**630**	**T 3**
400	550	750	500	680	680	800	T 4

A monte di una batteria di condensatori

Il calibro del fusibile deve essere superiore o uguale al doppio della corrente nominale della batteria di condensatori (I_c).

$I_n \geq 2\ I_c$

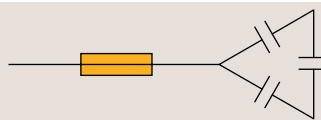



Tabella B: calibro dei fusibili per batteria di condensatori a 400 V

Capacità in Kvar	5	10	20	30	40	50	60	75	100	125	150
Fusibile gG in A	20	32	63	80	125	160	200	200	250	400	400

Scelta di un fusibile 'gG' o 'aM' (seguito)

Caratteristiche del circuito (seguito)

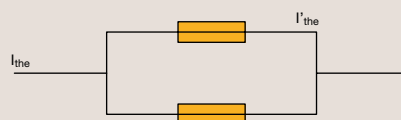
Collegamento in parallelo

- Il collegamento in parallelo dei fusibili è possibile solo tra due fusibili della stessa taglia e dello stesso calibro.

$I_{the} = I'_{the} \times 2$

I_{cc} di picco limitata totale = I'_{cc} di picco limitata x 1,59

i^2t totale = $i'^2t \times 2{,}52$

i^2t : energia specifica del fusibile

Utilizzo in corrente continua

- In corrente continua, il tempo di prearco è identico al tempo di prearco in corrente alternata. Le caratteristiche tempo/corrente e il diagramma di limitazione restano validi per l'uso dei fusibili in corrente continua. Invece, il tempo d'arco è nettamente più alto in continua perché non si beneficia del passaggio a zero della tensione.
- L'energia termica da assorbire sarà molto più elevata che in corrente alternata. Per mantenere una sollecitazione termica equivalente al fusibile, bisogna limitare la sua tensione d'uso.

Tensione massima	
in alternata	in continua
400 V	260 V
500 V	350 V
690 V	450 V

Utilizzo dei fusibili di tipo gG cilindrici

Taglia del fusibile	Tensione	Corrente DC	Potere di apertura DC
10 x 38	500 VAC ' 250 VDC	16 A	15 KA
14 x 51	500 VAC ' 250 VDC	32 A	15 KA
	690 VAC ' 440 VDC	32 A	10 KA
22 x 58	500 VAC ' 250 VDC	80 A	15 KA
	690 VAC ' 440 VDC	80 A	10 KA

Si consiglia di usare fusibili di una taglia superiore alla taglia abituale, mantenendo il calibro invariato; la dimensione 10 x 38 è riservata ≤ 12 A.

In caso di circuiti fortemente induttivi, si raccomanda di mettere due fusibili collegati in serie sul polo positivo.

Per gli impianti fotovoltaici, è fondamentale utilizzare dei fusibili specifici con delle caratteristiche tempo/corrente e il potere di apertura adatte a questi impianti. Questi fusibili sono marchiati col simbolo gPV e devono rispondere alla norma IEC 60269-6.

I fusibili di tipo aM sono inutilizzabili in corrente continua.

Per delle tensioni comprese tra 450 e 800 VDC, l'utilizzo di fusibili UR è possibile : consultarci.

Protezione fusibile

Protezione delle canalizzazioni contro i sovraccarichi mediante fusibili gG

La colonna Iz fornisce il valore della corrente massima ammissibile per ciascuna sezione dei cavi di rame e di alluminio, secondo la norma IEC 60364 e la guida UTE 15-105.
La colonna F fornisce il calibro del fusibile gG associato alla sezione e al tipo di cavo.
Le categorie B, C, E e F corrispondono ai differenti tipi di posa dei cavi *(vedere pagina 663)*.
I cavi si suddividono in due famiglie: PVC e PR *(vedere tabella a pagina 664)*. La cifra che segue la sigla indica il numero di conduttori sotto carico (PVC 3 indica un cavo della famiglia PVC con 3 conduttori sotto carico: 3 fasi o 3 fasi + neutro).

Esempio: un cavo PR3 di rame di 25 mm2 installato in categoria E è limitato a 127 A e protetto da un fusibile da 100 A gG.

Categoria	Corrente admissibile (Iz) protezione fusibile associato (F)																	
B	PVC3		PVC2				PR3				PR2							
C			**PVC3**				**PVC2**		**PR3**				**PR2**					
E					PVC3				PVC2		PR3				PR2			
F							**PVC3**				**PVC2**		**PR3**				**PR2**	
S mm²																		
Rame	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F	Iz	F
1,5	15,5	10	17,5	10	18,5	16	19,5	16	22	16	23	20	24	20	26	20		
2,5	**21**	**16**	**24**	**20**	**25**	**20**	**27**	**20**	**30**	**25**	**31**	**25**	**33**	**25**	**36**	**32**		
4	28	25	32	25	34	25	36	32	40	32	42	32	45	40	49	40		
6	**36**	**32**	**41**	**32**	**43**	**40**	**46**	**40**	**51**	**40**	**54**	**50**	**58**	**50**	**63**	**50**		
10	50	40	57	50	60	50	63	50	70	63	75	63	80	63	86	63		
16	**68**	**50**	**76**	**63**	**80**	**63**	**85**	**63**	**94**	**80**	**100**	**80**	**107**	**80**	**115**	**100**		
25	89	80	96	80	101	80	112	100	119	100	127	100	138	125	149	125	161	125
35	**110**	**100**	**119**	**100**	**126**	**100**	**138**	**125**	**147**	**125**	**158**	**125**	**171**	**125**	**185**	**160**	**200**	**160**
50	134	100	144	125	153	125	168	125	179	160	192	160	207	160	225	200	242	200
70	**171**	**125**	**184**	**160**	**196**	**160**	**213**	**160**	**229**	**200**	**246**	**200**	**269**	**160**	**289**	**250**	**310**	**250**
95	207	160	223	200	238	200	258	200	278	250	298	250	328	250	352	315	377	315
120	**239**	**200**	**259**	**200**	**276**	**250**	**299**	**250**	**322**	**250**	**346**	**315**	**382**	**315**	**410**	**315**	**437**	**400**
150			299	250	319	250	344	315	371	315	399	315	441	400	473	400	504	400
185			**341**	**250**	**364**	**315**	**392**	**315**	**424**	**315**	**456**	**400**	**506**	**400**	**542**	**500**	**575**	**500**
240			403	315	430	315	461	400	500	400	538	400	599	500	641	500	679	500
300			**464**	**400**	**497**	**400**	**530**	**400**	**576**	**500**	**621**	**500**	**693**	**630**	**741**	**630**	**783**	**630**
400									656	500	754	630	825	630			840	800
500									**749**	**630**	**868**	**800**	**946**	**800**			**1083**	**1000**
630									855	630	1005	800	1088	800			1254	1000
Alluminio																		
2,5	16,5	10	18,5	10	19,5	16	21	16	23	20	24	20	26	20	28	25		
4	**22**	**16**	**25**	**20**	**26**	**20**	**28**	**25**	**31**	**25**	**32**	**25**	**35**	**32**	**38**	**32**		
6	28	20	32	25	33	25	36	32	39	32	42	32	45	40	49	40		
10	**39**	**32**	**44**	**40**	**46**	**40**	**49**	**40**	**54**	**50**	**58**	**50**	**62**	**50**	**67**	**50**		
16	53	40	59	50	61	50	66	50	73	63	77	63	84	63	91	80		
25	**70**	**63**	**73**	**63**	**78**	**63**	**83**	**63**	**90**	**80**	**97**	**80**	**101**	**80**	**108**	**100**	**121**	**100**
35	86	80	90	80	96	80	103	80	112	100	120	100	126	100	135	125	150	125
50	**104**	**80**	**110**	**100**	**117**	**100**	**125**	**100**	**136**	**125**	**146**	**125**	**154**	**125**	**164**	**125**	**184**	**160**
70	133	100	140	125	150	125	160	125	174	160	187	160	198	160	211	160	237	200
95	**161**	**125**	**170**	**125**	**183**	**160**	**195**	**160**	**211**	**160**	**227**	**200**	**241**	**200**	**257**	**200**	**289**	**250**
120	188	160	197	160	212	160	226	200	245	200	263	250	280	250	300	250	337	250
150			**227**	**200**	**245**	**200**	**261**	**200**	**283**	**250**	**304**	**250**	**324**	**250**	**346**	**315**	**389**	**315**
185			259	200	280	250	298	250	323	250	347	315	371	315	397	315	447	400
240			**305**	**250**	**330**	**250**	**352**	**315**	**382**	**315**	**409**	**315**	**439**	**400**	**470**	**400**	**530**	**400**
300			351	315	381	315	406	315	440	400	471	400	508	400	543	500	613	500
400									**526**	**400**	**600**	**500**	**663**	**500**			**740**	**630**
500									610	500	694	630	770	630			856	630
630									**711**	**630**	**808**	**630**	**899**	**800**			**996**	**800**

Protezione delle canalizzazioni con fusibili

Lunghezza massima dei conduttori protetti con fusibili

Le tabelle A e B forniscono le lunghezze massime alle seguenti condizioni:

- circuito trifase 230 V / 400 V,
- sezione del neutro = sezione di fase,
- corrente di corto circuito minima
- conduttori di rame.

Le tabelle sono valide indipendentemente dall'isolante dei cavi (PVC, PR, EPR). Quando sono indicati due valori, il primo corrisponde ai cavi in PVC, il secondo ai cavi in PR/EPR.
Le lunghezze vanno moltiplicate per i coefficienti della tabella C per gli altri utilizzi.
Cavo d'alluminio : moltiplicare le lunghezze delle tabelle per 0,41.

Tabella A : lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili gG.

HP C / S (mm^2)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	9/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/74	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150													272	190	145	110	85	61	42/48	20/24
185														220	169	127	98	70	56	27/34
240															205	155	119	85	68	43/46

Tabella B : lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili aM.

HP C / S (mm^2)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11						
25								135	108	86	67	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10	
70												151	121	96	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	51
240																	123	97	78	62

Tabella C : coefficiente di correzione per altre reti.

Casi di utilizzo	Coefficiente
Sezione del neutro = 0,5 x sezione fase	0,67
Circuito privo di neutro	1,73

(1) Si accede alla tabella con la sezione delle fasi.

Protezione contro i contatti indiretti con fusibili

Lunghezza massima dei conduttori protetti con fusibili

La lunghezza dei conduttori protetti contro i contatti indiretti deve essere limitata.
Le tabelle B e C forniscono una lettura diretta delle lunghezze massime dei conduttori di rame. Esse sono determinate alle seguenti condizioni:

- rete a 230/400 V,
- schema TN,
- tensione di contatto massima $U_L = 50$ V
- $\frac{\text{Ø ph}}{\text{Ø PE}} = m = 1.$

Per altri utilizzi, occorre moltiplicare il valore trovato nelle tabelle B e C per il coefficiente della tabella A.

Tabella A

		Coefficiente di correzione
Conduttore di alluminio		0,625
Sezione PE = 1/2 sezione fase (m = 2)		0,67
Regime IT	senza neutro	0,86
	con neutro	0,5
Tempo di interruzione de 5s ammissibile (circuite di distribuzione)	per canalizzazioni protette con fusibili gG	1,88
	per canalizzazione protette con fusibili aM	1,53

Tabella B: lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili gG

S (mm²) \ (A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	8	4	3									
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	6	6	4						
6	212	159	127	87	73	50	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	28	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	59	43	36	25	22	15	12	9	7	5	4	
25	884	663	530	361	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	506	428	293	253	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				687	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	11	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	687	458	351	256	216	151	131	92	70	53	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	62	37	23	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	145	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

Tabella C: lunghezze massime (in m) dei conduttori protetti con fusibili aM

S (mm²) \ (A)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8		6	5	4					
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	16	12	9	8	6
35	658	527	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	285	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	57	45	36	29	23
120					904	723	574	462	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	562	439	351	281	223	175	140	11	88	70	56

Esempio: Un circuito è costituito da un cavo di rame 3 x 6 mm² protetto con un fusibile da 40 A gG. La sua lunghezza dovrà essere inferiore a 73 m perché la protezione contro i contatti indiretti sia assicurata in TN 230 V/400 V.

- Se il cavo è di alluminio, la lunghezza massima è di: 0,625 x 73 m = 45,6 m
- In schema IT con neutro e cavo d'alluminio per un'alimentazione di armadio di partenza utenze, la lunghezza è di: 0,625 x 0,5 x 73 m = 22,8 m
- In schema IT con neutro e cavo d'alluminio per un'alimentazione di armadio di partenza utenze, la lunghezza è di: 0,625 x 0,5 x 1,88 m = 42,8 m.

Curve caratteristiche dei fusibili gG (seguito)

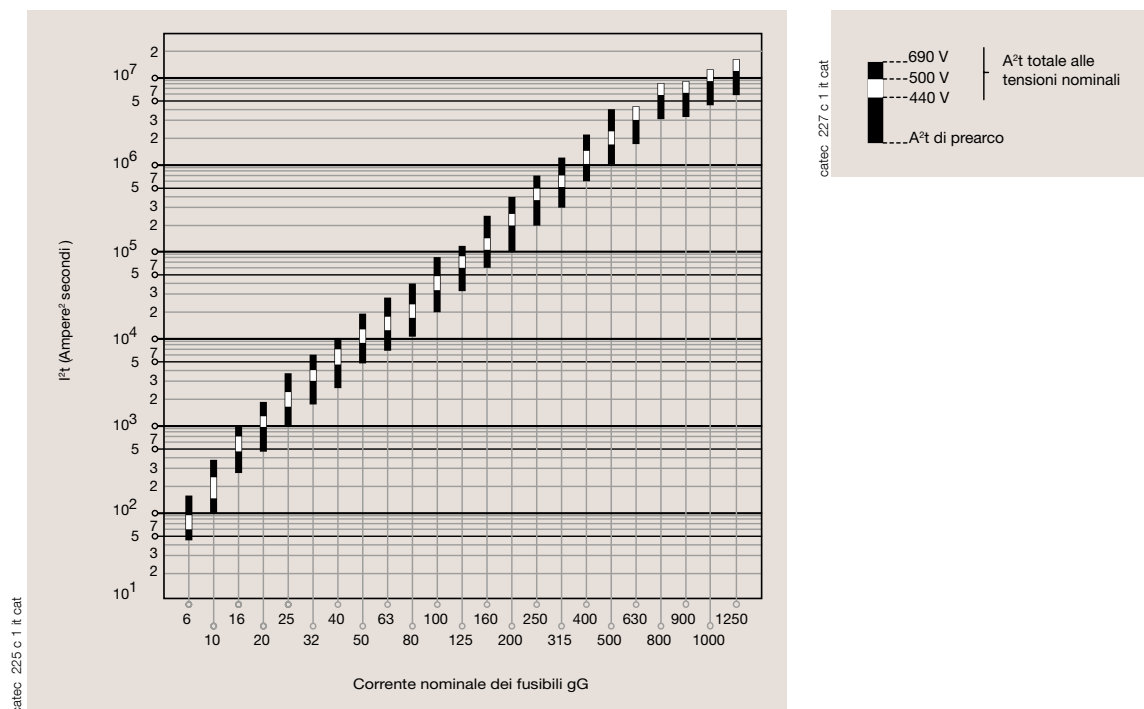
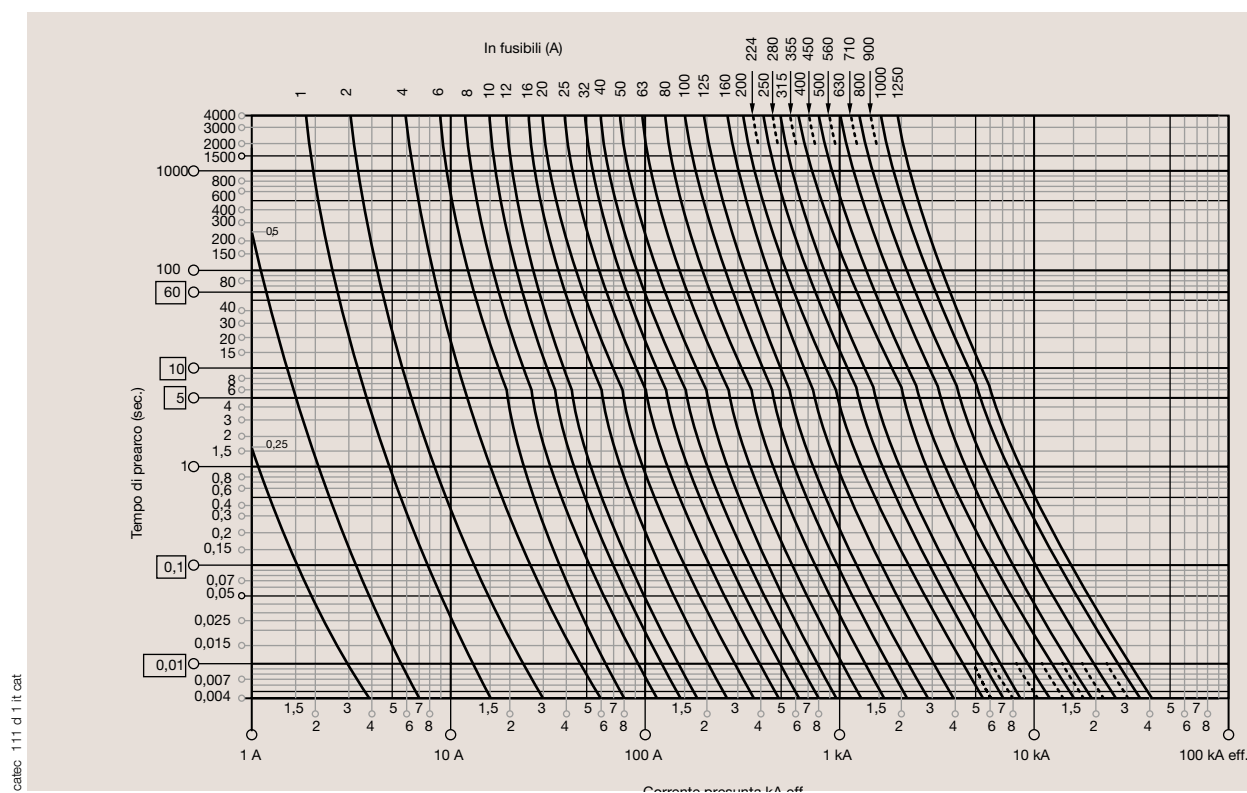
Diagramma di limitazione delle sollecitazioni termiche

Caratteristiche di funzionamento tempo/corrente

Curve caratteristiche dei fusibili tipo aM

Diagramma di limitazione delle correnti

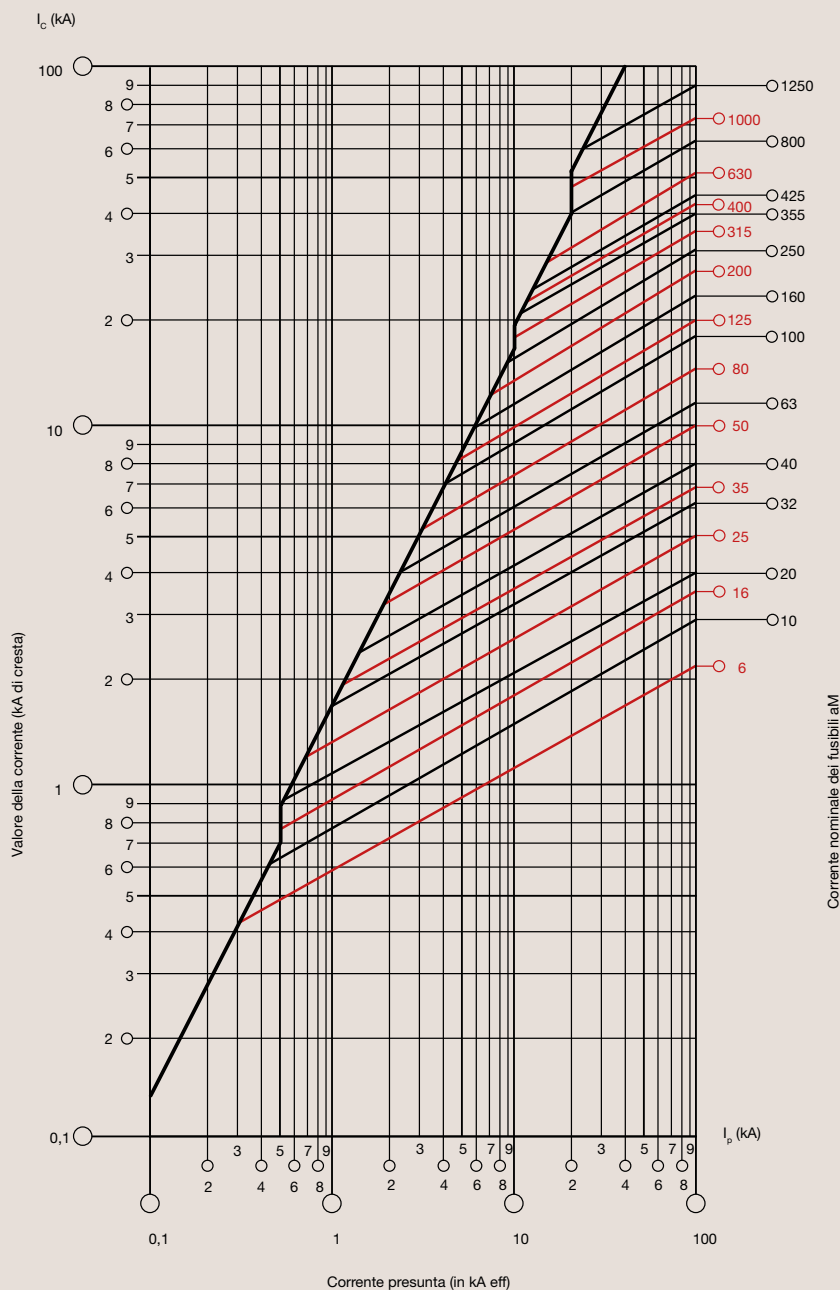
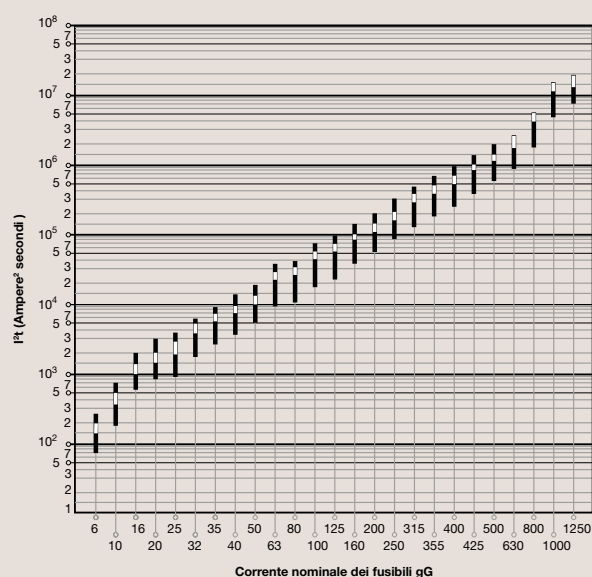
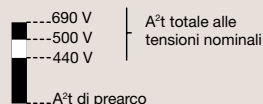
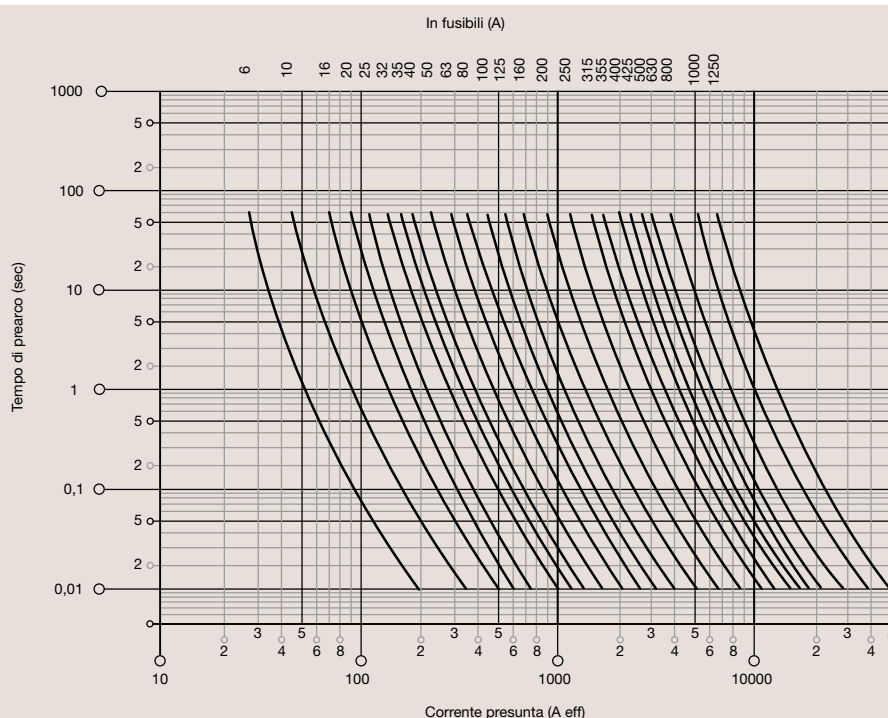
catec 114 g 1 it cat

Curve caratteristiche dei fusibili aM (seguito)

Diagramma di limitazione delle sollecitazioni termiche

Potenza dissipata con percussore (W)

Corrente d'impiego	Taglia dei fusibili						
In (A)	000	00	0/0S	1	2	3	4
6	0,33		0,42				
10	**0,52**		**0,67**				
16	0,81		0,98				
20	**0,92**		**1,04**				
25	1,08		1,17				
32	**1,42**		**1,67**				
35	1,58		1,72				
40	**1,68**		**1,91**				
50		2,28	2,51				
63		**2,9**	**3,35**	**3,2**			
80		4,19	4,93	4,6			
100		**5,09**	**5,72**	**5,7**			
125		6,29	7,30	6,98	7,6		
160		**7,73**	**9,50**	**9,2**	**9,7**		
200			12,3	13,7	13,9		
224				**14,0**	**14,0**		
250				15,3	17,0		
315					**26,0**	**20,6**	**18,8**
355					25,2	23,9	
400					**29,3**	**26,5**	**23,5**
425						28,3	
500						**35,8**	**34**
630						56,9	49
800							**70**
1000							80
1250							**108**

Caratteristiche di funzionamento tempo/corrente

Scelta di un fusibile UR

Questi fusibili detti "ultra-rapidi" assicurano la protezione contro le correnti di cortocircuito. Per come sono stati concepiti, il tempo di fusione è molto inferiore a quello dei fusibili gG o aM in presenza di forti cortocircuiti.

Vengono usati generalmente nella protezione di semi-conduttori di potenza (i^2t UR < i^2t del semi-conduttore da proteggere).

Il loro funzionamento in sovraccarico, $I \sim 2\,In$, $t \geq 100$ secondi, deve essere evitato. Se necessario, la protezione contro i sovraccarichi deve essere assicurata da un altro dispositivo.

La determinazione di un fusibile UR è l'oggetto di una procedura rigorosa che, per certe applicazioni, può essere molto complessa. Il metodo sotto indicato costituisce un primo approccio semplificato.

Consultarci per qualsiasi applicazione particolare.

Sollecitazione termica

È il primo parametro da prendere in considerazione prima del calibro. Infatti i fusibili UR sono destinati alla protezione dei semi-conduttori. Il limite di distruzione di questi ultimi è data dalla sollecitazione termica massima ammissibile. Affinché la protezione sia efficace, occorre che la sollecitazione termica del fusibile sia inferiore almeno del 20 % circa della sollecitazione termica di distruzione del semi-conduttore.

Esempio: un diodo 30A/400 V sopporta al massimo una sollecitazione termica di 610 A^2s. La sollecitazione termica massima del fusibile UR associato sarà di 610 - 20 % = 488 A^2s a 400 V.

Tensione

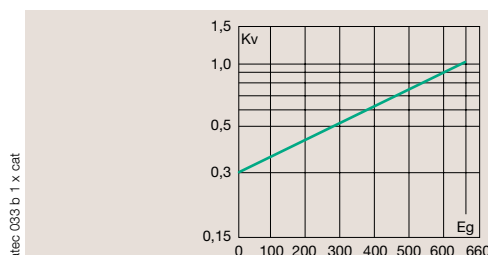
La sollecitazione termica è data generalmente a 660 V. L'utilizzo ad una tensione diversa dà luogo ad una correzione:

$$(i^2t)\ V = Kv \times (i^2t)\ 660\ V$$

Kv: coeff. di correzione di i^2t

Eg: valore efficace della tensione d'utilizzo

Esempio: per U = 400 V e Kv = 0,6

(i^2t) 400 V = 0,6 x (i^2t) 660 V]

Fattore di correzione Kv.

Fattore di potenza

la sollecitazione termica indicata nel capitolo "Apparecchiatura di apertura a bassa tensione" è data per un fattore di potenza di 0,15 (cos φ del circuito di guasto). Per altri valori del fattore di potenza, occorre moltiplicare il valore della sollecitazione termica per il coefficente Ky.

Fattore di potenza	0,1	0,15	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Ky	1,04	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,85	0,82	0,81

Corrente nominale

Una volta determinata la sollecitazione termica massima del fusibile, occorre tenere conto del valore della corrente nominale del circuito.

Esempio: nell'esempio precedente, è stata determinata la sollecitazione termica massima del fusibile UR: 488 A2s a 400 V.
A 660 V, questo valore vale: 488/0,6 = 813 A2s.
La corrente nel circuito è di 20 A. Si dovrà quindi utilizzare un fusibile UR da 25 A con I2t a 660 V paria 560 A2s.

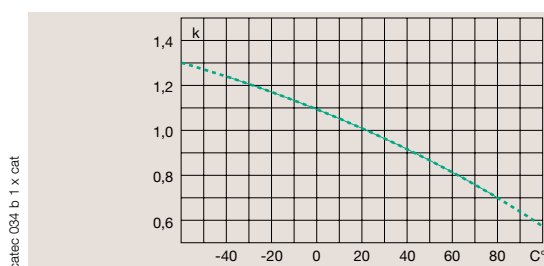
Correzione in funzione della temperatura ambiente

Il calibro di un fusibile UR è fornito per una temperatura ambiente di 20 °C...
La corrente massima di utilizzo I_b e dato da:

$$I_b = K_{TUR} \times (1 + 0{,}05\ v) \times I_n$$

I_n: corrente nominale del fusibile in A

v: velocità dell'aria di raffreddamento in m/s

K_{TUR}: coefficente fornito dalla fig. 2 in funzione della temperatura dell'aria in prossimità del fusibile.

Fattore di correzione K_{TUR}

Scelta del fusibile "UR" (seguito)

Collegamento in serie

E' sconsigliata quando la corrente di guasto è insufficiente per far fondere il fusibile in meno di 10 ms.

Collegamento in parallelo

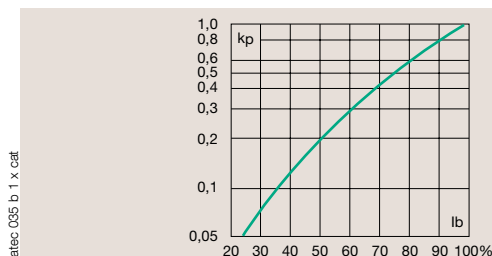
Il collegamento in parallelo dei fusibili è possibile tra due fusibili della stessa taglia e dello stesso calibro. È assicurata generalmente dal costruttore (consultarci).
In caso di collegamento in parallelo, occorre controllare che la tensione d'utilizzo non sia superiore al 90 % della tensione nominale del fusibile.

Sovraccarico ciclico

Consultarci.

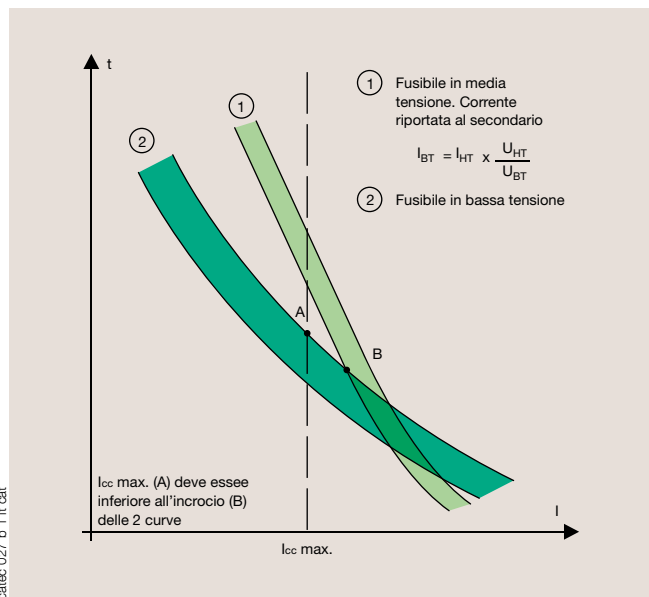
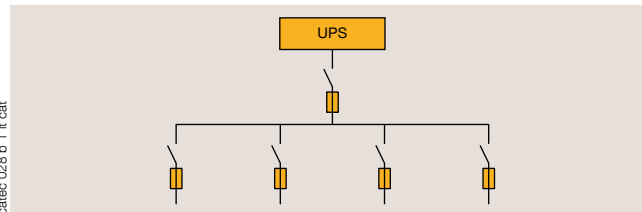
Perdite in Watt

- Sono fornite nella sezione "Apparecchiatura di apertura a bassa tensione" e corrispondono alla potenza dissipata alla corrente nominale.
- Per l'uso ad una corrente I_b diversa da I_n, bisogna moltiplicare la perdita in Watt per il coefficente K_p dato dalla figura qui sotto.

K_p: coefficente di correzione delle perdite
I_b: valore eff. della corrente di carico in % della corrente nominale.

Fattore di correzione K_p.

Selettività

Selettività fusibili tra alta, media e bassa tensione

- Il funzionamento di un fusibile a bassa tensione non deve provocare la fusione del fusibile in media o alta tensione installato al primario del trasformatore.
- Perché ciò non accada occorre verificare che la parte inferiore della curva del fusibile in media tensione non incontri in nessun punto la parte superiore della curva del fusibile in bassa tensione prima del limite di I_{cc} max. di bassa tensione *(vedere calcolo a pagina 669).*

Su rete alimentata da UPS

La selettività dei dispositivi di protezione riveste una grande importanza sulle reti alimentate da UPS in cui lo scatto di una protezione non deve generare nessuna perturbazione sul resto della rete.
La funzione di selettività deve tenere in considerazione due particolarità di questo tipo di reti:

- bassa corrente di guasto (dell'ordine di 2 x I_n)
- tempo di guasto massimo generalmente imposto: 10 ms.

Per rispettare questi criteri e assicurare una buona selettività, occorre che la corrente in ciascun ramo non superi i valori riportati nella tabella sottostante.

Protezione a mezzo di	Corrente max. per partenza
Fusibile gG	$\frac{I_n}{6}$
Fusibile UR	$\frac{I_n}{3}$
Interruttori automatici di piccola taglia	$\frac{I_n}{8}$

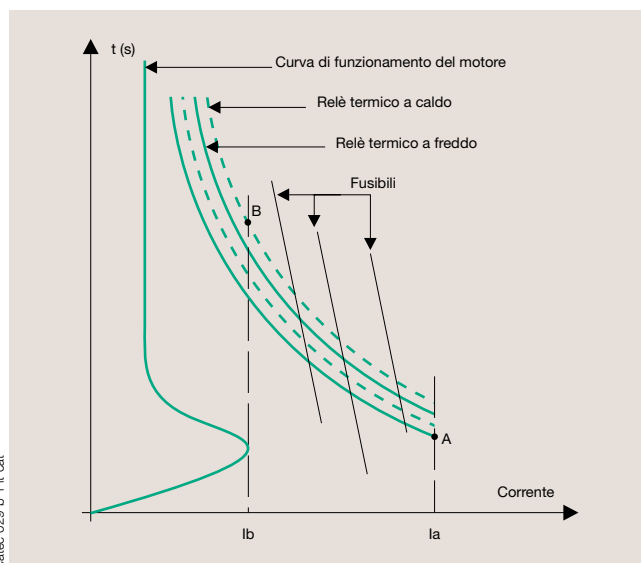
Selettività (seguito)

Selettività tra fusibile e contattore

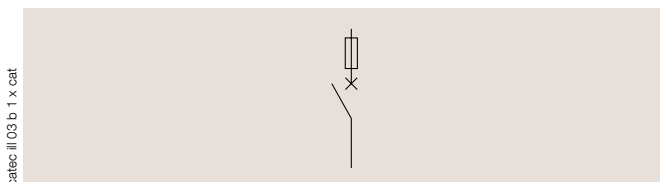
Il fusibile è installato a monte del discontattore. Un discontattore è costituito da un contattore a cui viene associato un relè termico.
Le curve dei fusibili associati al contattore devono passare tra i punti A e B corrispondenti a:
- I_a: limite del potere di apertura del contattore,
- I_b: corrente max. di spunto del motore.

Tipo di avviamento	I_b (1)	Tempo di avviamento(1)
Diretto	8 I_n	0,5 a 3 s.
Stella triangolo	2,5 I_n	3 a 6 s.
Autotrasformatore	1,5 a 4 I_n	7 a 12 s.
Da rotore	2,5 I_n	2,5 a 5 s.

(1) Valori medi che possono variare a seconda dei tipi di motori e di utilizzatori.

La sollecitazione termica del fusibile deve essere inferiore a quella sopportata dal contattore.
Tra i diversi calibri di fusibile possibili, scegliere il calibro maggiore per minimizzare le perdite per dissipazione termica.

Selettività tra interruttore automatico e fusibile

L'associazione di una protezione fusibile con altri dispositivi (interruttori automatici, …) permette una selettività quasi perfetta e costituisce una soluzione ottimale sul piano economico e della sicurezza.

Fusibile a monte - interruttore automatico a valle

- La curva di fusione di prearco del fusibile deve situarsi al di sopra del punto A (fig. 1).
- La curva di fusione totale del fusibile deve tagliare la curva dell'interruttore automatico prima del valore I_{cc} (potere di apertura) dell'interruttore automatico.
- Dopo il punto di incrocio, la sollecitazione termica del fusibile deve essere inferiore a quella dell'interruttore automatico.
- Le sollecitazioni termiche dell'interruttore automatico e del fusibile devono sempre essere inferiori a quelle del cavo.

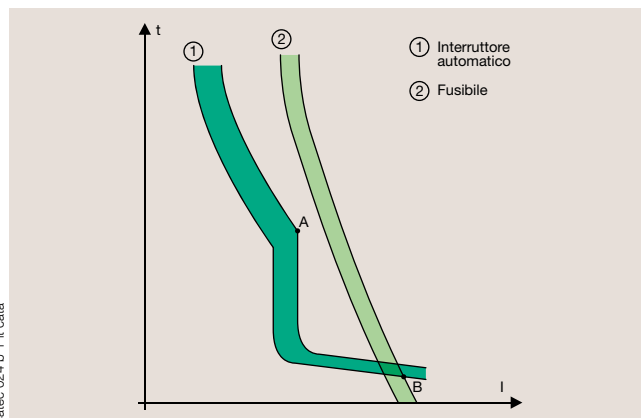
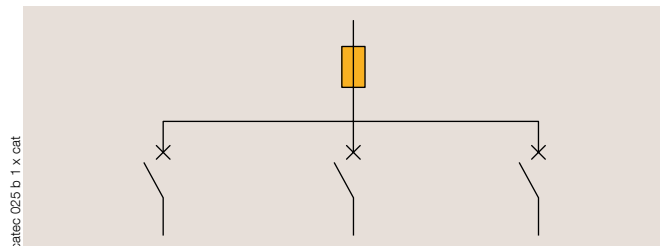



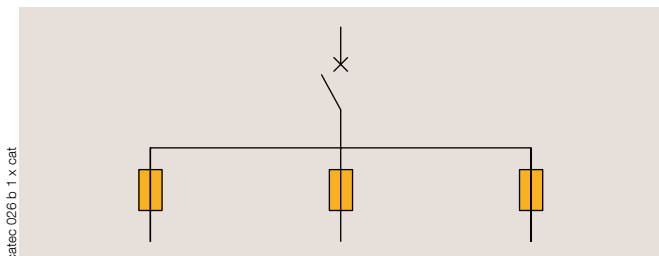
Fig. 1

Fusibili gG a monte - interruttori automatici a valle

- Il calibro del fusibile deve essere superiore alla somma delle correnti degli interruttori automatici simultaneamente inseriti.
- La curva di fusione del fusibile deve essere al di sotto del punto A (vedere fig. 1) dell'interruttore automatico ccn il calibro più alto.
- Il punto di incrocio B (vedere fig. 1) deve essere inferiore al potere di ultima apertura più piccolo di tutti gli interruttori automatici.
- Dopo il punto B, la sollecitazione termica totale del fusibile deve essere inferiore alla sollecitazione termica di qualsiasi altro interruttore automatico a valle.

Selettività (seguito)

Selettività tra interruttore automatico e fusibile (seguito)

Interruttore automatico monte - fusibili a valle

catec 026 b 1 x cat

- I poteri di apertura di tutti i fusibili e dell'interruttore automatico devono essere superiori alla corrente di corto circuito massima del circuito.
- La taratura della parte termica I_r dell'interruttore automatico deve essere tale che: 1,05 $I_r \geq I_1 + I_2 + \ldots I_n$.
  $I_1 + I_2 + \ldots I_n$: somma delle correnti in ogni ramo protetto dal fusibile.

La corrente di taratura Ir deve inoltre rispondere alla seguente condizione:

$$I_r \geq Kd \times I_n$$

I_n: calibro del fusibile del circuito più caricato.

Tabella A: valori di Kd (segondo IEC 60269-2-1)

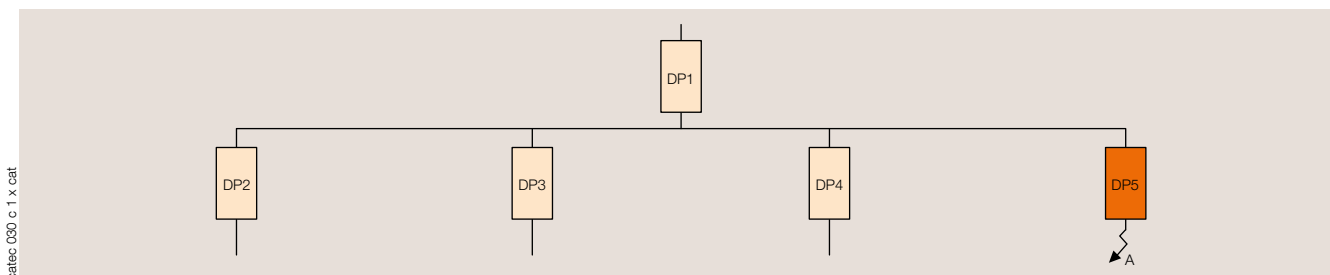
Calibro fusibili gG (In) (A)	Kd
In ≤ 4	2,1
4 < In < 16	1,9
16 ≤ In	1,6

Esempio: il circuito più carico è protetto da un fusibile gG di 100 A. La corrente di taratura minima dell'interruttore a monte, che permette di assicurare la selettività con il fusibile, sarà: $I_r \geq 1{,}6 \times 100$ A = 160 A.

- La sollecitazione termica del fusibile di calibro più alto deve essere inferiore alla sollecitazione termica limitata dall'interruttore automatico. Questa stessa deve essere inferiore alla sollecitazione termica massima dei cavi.
- Valore minimo di taratura di Im (magnetica): 8 Kd ≤ Im ≤ 12 Kd.
  Kd è fornito dalla tabella A.

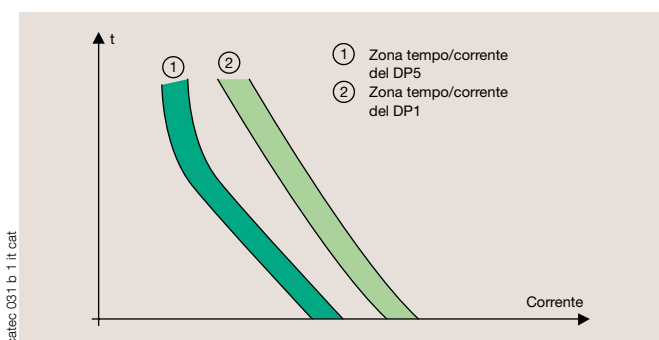
Generalità

La selettività delle protezioni è assicurata quando, in caso di guasto in un punto qualsiasi dell'installazione, il dispositivo di protezione (DP) situato direttamente a monte del guasto scatta senza provocare l'apertura di altri dispositivi presenti nell'impianto. La selettività permette di avere continuità di utilizzo sul resto della rete.

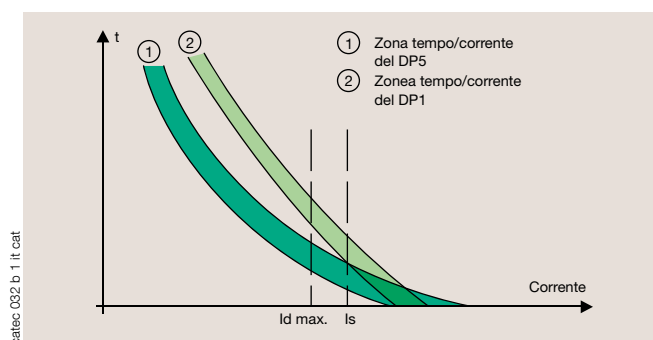
catec 030 c 1 x cat

Un guasto nel punto A deve provocare l'apertura del dispositivo di protezione DP5 senza che ci sia l'apertura degli altri DP.

La selettività totale

E' assicurata quando le zone tempo/corrente che caratterizzano i dispositivi di protezione non si sovrappongono.

catec 031 b 1 it cat

La selettività parziale

Consiste nel limitare la selettività dei DP solamente in una parte della loro zona tempo/corrente. Nella misura in cui la corrente di guasto è inferiore al punto di incrocio delle curve, ci si ritrova in un caso di selettività totale.

catec 032 b 1 it cat

Selettività parziale; la selettività è assicurata nel caso in cui la corrente di guasto massima (I_{cc} max) dell'installazione è limitata a I_d max et I_d max < I_s.

Selettività (seguito)

Selettività tra fusibili

Selettività fusibili gG e aM

La selettività totale è assicurata dalla scelta dei fusibili nelle tabelle A e B (secondo IEC 60269-1 e 60269-2-1).
Tuttavia, per alcune applicazioni, ci si potrà limitare ad una selettività parziale.

Tabella A

Fusibile a monte	Fusibile a valle	
gG	gG	aM
Calibro (A)		
4	1	1
6	**2**	**1**
8	2	2
10	**4**	**2**
12	4	2
16	**6**	**4**
20		6
25	**10**	**8**
32	16	10
40	**20**	**12**
50	25	16
63	**32**	**20**
80	40	25
100	**50**	**32**
125	63	40
160	**80**	**63**
200	100	80
250	**125**	**125**
315	160	125
400	**200**	**160**
500	315	200
630	**400**	**250**
800	500	315
1000	**630**	**400**
1250	800	500

Tabella B

Fusibile a monte	Fusibile a valle	
aM	gG	aM
Calibro (A)		
4	4	2
6	**6**	**2**
8	8	4
10	**10**	**6**
12	4	2
16	**16**	**10**
20	20	12
25	**25**	**12**
32	32	20
40	**32**	**25**
50	40	25
63	**50**	**40**
80	63	50
100	**80**	**63**
125	100	80
160	**125**	**100**
200	160	125
250	**160**	**160**
315	200	200
400	**250**	**250**
500	315	315
630	**400**	**400**
800	500	500
1000	**500**	**630**
1250	630	800

Selettività fusibili gG / fusibili UR

- gG a monte - UR a valle
  Il tempo di prearco del fusibile UR deve essere inferiore alla metà del tempo di prearco del fusibile gG nella zona compresa tra 0,1 e 1 sec.
- UR a monte - gG a valle
  Il calibro del fusibile UR deve essere almeno uguale al triplo del calibro del fusibile gG.

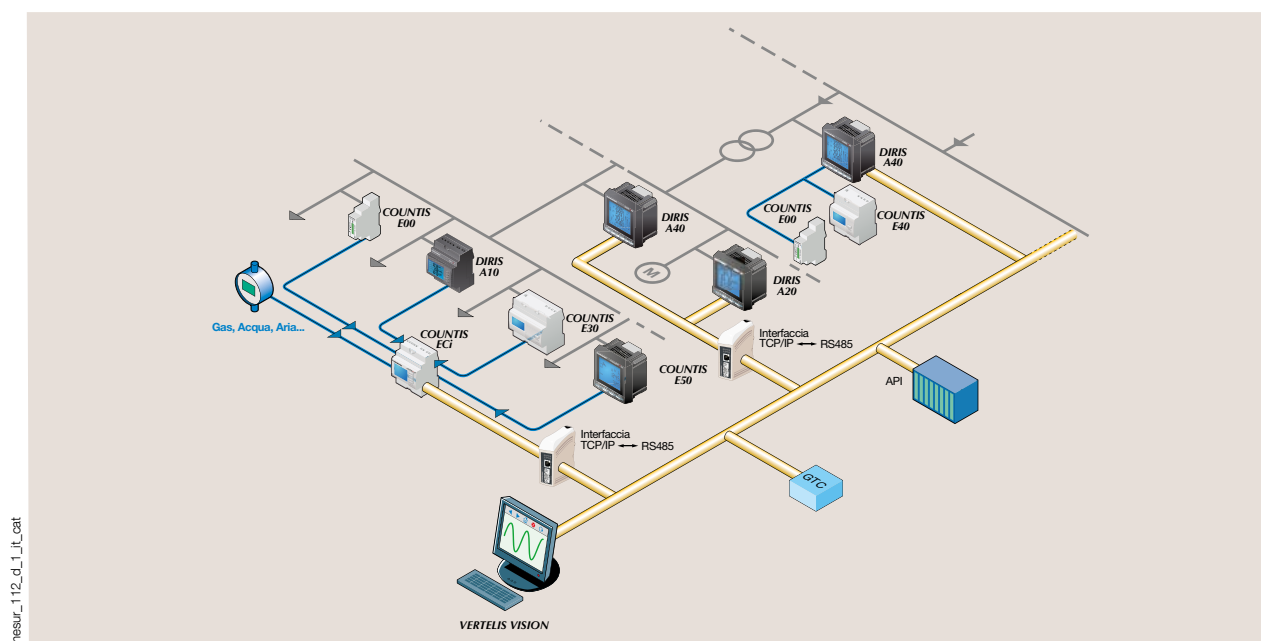
Sistema di gestione dell'energia

Introduzione

Contrariamente all'ultimo decennio, entriamo in un periodo nel quale gestire l'energia è un obbligo sia sotto l'aspetto ambientale che quello economico. In effetti, i costi dell'energia sono aumentati di maniera considerevole e hanno un impatto diretto sul prezzo di fabbricazione dei prodotti e sulle spese di funzionamento. Questo nuovo procedimento impone una conoscenza approfondita dei processi, dell'organizzazione del lavoro nell'azienda e la gestione dei costi di energia calcolati a partire di un tariffario. Esso permette il calcolo del costo dell'energia in funzione del periodo di utilizzo, sapendo che l'utente dovrà adempiere a un abbonamento di cui il costo sarà proporzionale alla potenza del suo impianto. Al fine di determinare al meglio la sua tariffa, l'utente dovrà stimare precisamente le sue necessità per scegliere il tariffario più adatto. In certi casi, sarà preferibile avere alcuni superamenti di potenza invece di avere un abbonamento sovradimensionato.

Tariffario

Per dare all'utente le informazioni necessarie all'ottimizzazione del suo tariffario e della gestione dei consumi, dovrà installare nei posti strategici dell'impianto elettrico (trasformatore, motori…) contatori (tipo COUNTIS) o centraline di misura (tipo DIRIS). Queste apparecchiature saranno collegate su una rete di comunicazione (vedere § comunicazione) per centralizzare e gestire i consumi tramite un software di supervisione.

mesur_112_d_1_it_cat

Una volta installate queste apparecchiature, l'utente potrà effettuare le modifiche per:

- alleggerire i circuiti di riscaldamento o di illuminazione per evitare i superamenti durante le ore a maggior costo,
- anticipare l'avviamento di alcune macchine durante le ore a minor costo prima dell'arrivo del personale,
- ottimizzare e migliorare l'utilizzo degli automatismi, delle fonti d'energia o ancora del funzionamento dei mezzi di produzione.

In ogni caso, queste apparecchiature si adatteranno perfettamente alle applicazioni commerciali (illuminazione, aria condizionata…) o alle applicazioni industriali. Dalla loro qualità dipenderà la loro precisione di misura delle correnti e delle tensioni e del calcolo delle energie.

diris 724 a 1 cat

Misura elettrica

Principio di misura

Qualunque sia la rete elettrica alternata AC (monofase, bifase, trifase con o senza neutro), è indispensabile misurare le correnti e le tensioni. Le correnti saranno misurate a partire da un trasformatore di corrente stando attenti al collegamento per evitare errori di misura. Le tensioni saranno misurate direttamente o tramite dei trasformatori di tensione per le reti MT e BT in particolare.

Troverete qui sotto le formule utilizzate per arrivare ai risultat :

Corrente

$$I1 = i1_{TRMS} \times kTC$$

(kTC essendo il rapporto del TA)

i1, i2, i3 sono calcolati direttamente in TRMS integrando le armoniche fino al grado 51.

E

$$Isist = \frac{i1 + i2 + i3}{3}$$

Tensioni

$$V1 = v1_{TRMS} \times kTP$$

(kTP essendo il rapporto del trasformatore di tensione)

v1, v2, v3 sono calcolati direttamente in TRMS integrando le armoniche fino al grado 51.

E

$$Vsist = \frac{v1 + v2 + v3}{3}$$

Potenza attiva

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T [v1 \times i1]\, dt$$

P1, P2 e P3 sono calcolati direttamente a partire dei valori TRMS I e V.

E

$$\sum P = P1 + P2 + P3$$

Potenza apparente

$$S1 = V1 \times I1$$

S1, S2 e S3 sono calcolati direttamente a partire dei valori TRMS I e V.

E

$$\sum S = S1 + S2 + S3$$

Potenza reattiva

$$Q1 = \sqrt{S1^2 - P1^2}$$

Q1, Q2 e Q3 sono calcolati direttamente a partire da P e S.

E

$$\sum Q = Q1 + Q2 + Q3$$

Fattore di potenza

$$PF = \frac{P}{S}$$

PF1, PF2 e PF3 sono calcolati direttamente a partire da P e S.

Frequenza

La misura della frequenza è sempre realizzata sulla fase1.

Calcolo dell'energia

Qualsiasi sistema elettrico che utilizza la corrente alternata mette in gioco due forme di energia : l'energia attiva (kWh) e l'energia reattiva (kvarh). Nei processi industriali che utilizzano l'energia elettrica, soltanto l'energia attiva è trasformata dall'impianto di produzione in energia meccanica, termica o luminosa. Essa può essere positiva o negativa se l'installazione è capace di produrre dei kWh (un'installazione fotovoltaica ad esempio). L'altra, l'energia reattiva, serve in particolare all'alimentazione dei circuiti magnetici delle macchine elettriche (motori, autotrasformatori, ecc…). Inoltre, alcuni componenti delle reti elettriche di trasporto e di distribuzione (trasformatori, linee, ecc…) consumano anche in alcuni casi energia reattiva. Per seguire queste energie, è indispensabile prendere in considerazione la precisione che è definita in un contesto normativo. I riferimenti sono i seguenti :

Contatore di energia attiva (kWh) :
- IEC 62053-21 in classe 1 o 2,
- IEC 62053-22 in classe 0,2S o 0,5S.

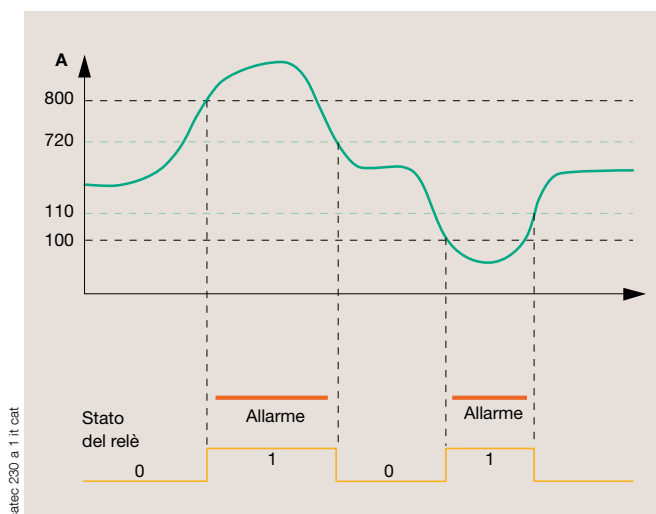
Contatore di energia reattiva (kvarh) : IEC 62053-23 in classe 2.

Sistema di gestione dell’energia

Monitoraggio

Questa funzione permette di monitorare le principali grandezze elettriche per:
- proteggere le macchine,
- rilevare i buchi di tensione,
- rilevare i sovraccarichi anormali di trasformatori, di partenze
- rilevare i sotto-carichi di motore (rottura di cinghia, funzionamento a vuoto…).

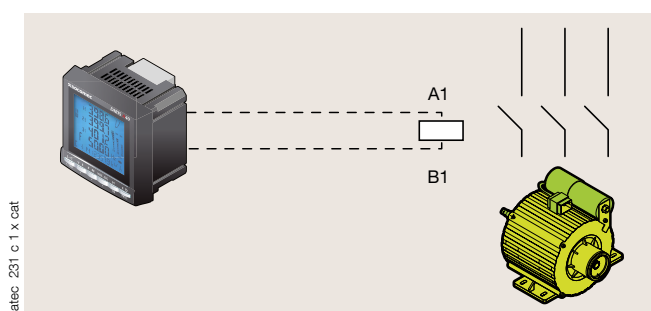
Per ogni allarme, si deve programmare:
- la soglia alta > valore alto di sgancio,
- la soglia bassa > valore basso di sgancio,
- l’isteresi > valore di ritorno allo stato normale,
- il relè > modo di lavoro in NA / NC,
- la temporizzazione > temporizzazione dello sgancio del relè.

Esempio di applicazione:
Configurazione di un relè per la sorveglianza delle correnti con uno sgancio se I < 100 A e I > 800 A. Con un isteresi di 10 % per il ritorno allo stato di riposo del relè, un modo di lavoro del relè in NA e senza temporizzazione.

Controllo comando

A partire da un collegamento numerico a un PC o un altro sistema di supervisione (PLC), questa funzione permette:

A partire dagli ingressi binari:
- di conteggiare gli impulsi provenienti da un contatore di elettricità, di acqua o di gas,
- di conteggiare il numero di manovre o di controllare la posizione di un apparecchio di protezione o di un invertitore di linee.

A partire dalle uscite relè:
- di comandare a distanza il cambio di stato di un apparecchio di protezione a sgancio,
- di comandare a distanza l’avviamento di un motore o di una rampa di illuminazione,
- di alleggerire alcune parti della distribuzione elettrica.

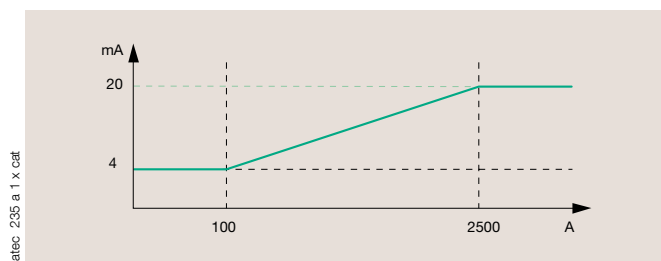
Esempio:
Cambio di stato di un relè per comandare l’avviamento di un motore.

Qualità dell'energia *(vedere pagina 653)*

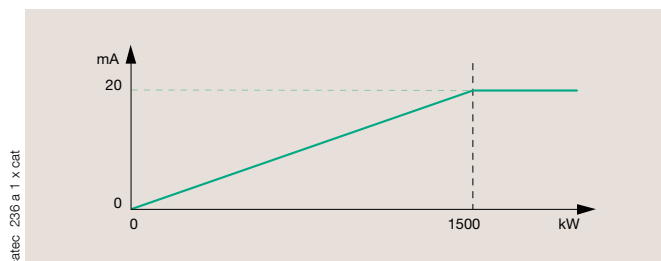
Reti di comunicazione

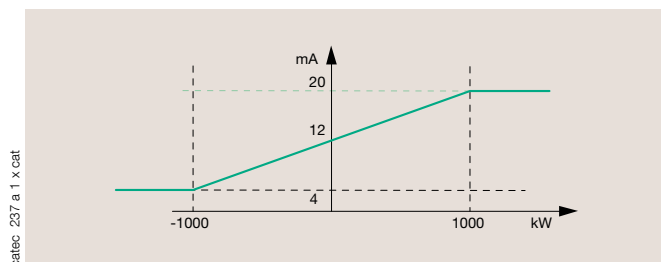
Comunicazione analogica

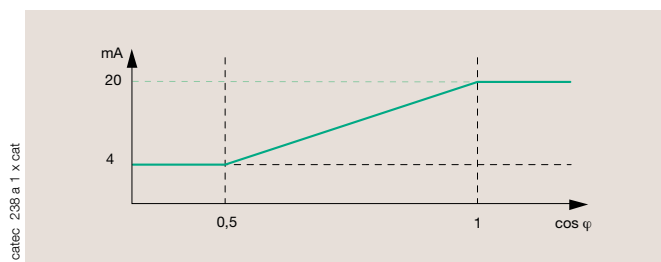
Questa funzione permette di trasmettere a un PLC o a qualsiasi sistema, l'immagine di una misura sotto la forma di un segnale 0-20 mA o 4-20 mA.

Esempio 1

Configurazione di un'uscita sulla corrente con 100 A a 4 mA e 2 500 A a 20 mA.

Esempio 2

Configurazione di un'uscita sulla potenza attiva totale SP con 0 kW a 0 mA e 1 500 kW a 20 mA.

Esempio 3

Configurazione di un'uscita sulla potenza attiva totale SP con -1 000 kW a 4 mA e 1 000 kW a 20 mA.

Esempio 4

Configurazione di un'uscita sul fattore di potenza induttivo ∑ PFL con 0,5 a 4 mA e 1 a 20 mA.

Comunicazione digitale

Introduzione

Una rete di comunicazione permette di collegare tra di loro un certo numero di apparecchi al fine di scambiare delle informazioni di misure, di conteggio, di comando o ancora di programmarli con un computer o un PLC.
La comunicazione tra più apparecchi necessita di un'organizzazione e di un linguaggio comuni : il protocollo.

Gli strati OSI

Ogni tipo di collegamento ha il proprio protocollo stabilito dalle norme. Invece, tutti i protocolli rispettano una divisione in 7 livelli detti strati OSI. Ogni strato ha il compito di ricevere delle informazioni elementari dallo strato inferiore, di trattarle e di fornire delle informazioni più elaborate allo strato superiore.

I nostri prodotti usano gli strati 1, 2 e 7

Strato 1 - Fisico

E' lo strato specifico alla "tubazione" della rete. Permette di trasformare un segnale binario in un segnale compatibile con il supporto scelto (rame, fibra ottica, HF, ecc.). Questo strato fornisce degli utensili di trasmissione di bit allo strato superiore, che li utilizzerà senza preoccuparsi della natura del mezzo utilizzato.

Strato 2 - Collegamento

Questo strato controlla la trasmissione dei dati. Una trama deve essere mandata o ricevuta a prescindere da eventuali parasiti sulla linea. Il controllo è effettuato al livello del pacchetto di bits (trama), tramite un "cheksum".
Questo strato fornisce gli utensili di trasmissione di pacchetti di bits (trama) allo strato superiore. Le trasmissioni sono "garantite" da meccanismi di controllo di validità.

Strato 7 - Applicazione

Lo scopo dello strato di applicazione è di fornire un'interfaccia tra l'utente e la rete.

I dati trasmessi

Il segnale trasmesso di un apparecchio all'altro è un elemento binario detto bit. Ogni tipo di collegamento digitale definisce un livello analogico (livello di tensione) per lo 0 logico e l'1 logico. L'informazione è codificata in un insieme di bits, il tutto formando una trama di comunicazione.

Il supporto di comunicazione

Questa trama di comunicazione sta per transitare da un punto all'altro del bus su un supporto chiamato media o mezzo di comunicazione. Secondo il tipo di tecnologia scelto, questo media può essere un paio di fili di rame, un collegamento Ethernet, un cavo coassiale, della fibra ottica, un collegamento telefonico RTC o GSM, oppure delle onde radio. Questo supporto dipende del tipo di trasmissione scelto e dell'ambiente di lavoro.

I protocolli

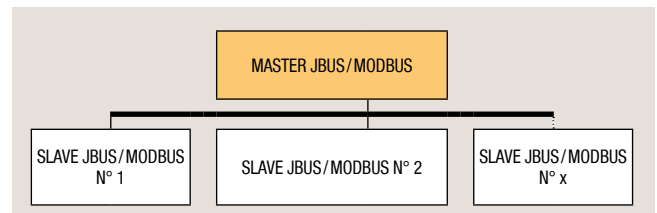
Il protocollo di comunicazione definisce le regole del linguaggio tra i diversi attori del dialogo in modo tale che ognuno utilizzi le stesse regole e si capisca. In alcuni casi, da anche un'extra sicurezza al dialogo definendo dei mezzi di controllo delle trame come ad esempio il CRC.
CAN, PROFIBUS DP, Interbus-S, FIP, EIB, eBUS, MODBUS / JBUS, Open MODBUS o TCP-IP sono diversi protocolli avente ognuno i loro pregi e difetti in funzione dell'ambiente di lavoro e delle condizioni nei quali vengono utilizzati.
I prodotti della SOCOMEC comunicando utilizzano principalmente i protocolli JBUS / MODBUS e PROFIBUS DP. Però, vedremo più avanti che possiamo anche rispondere ad altri protocolli come ad esempio il TCP-IP.

Il protocollo JBUS / MODBUS

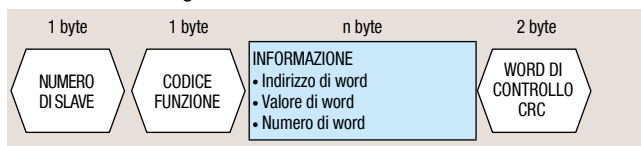
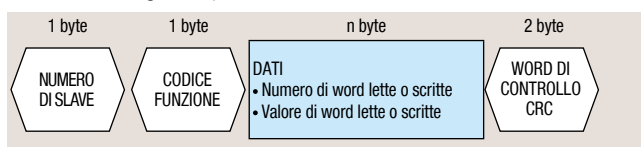
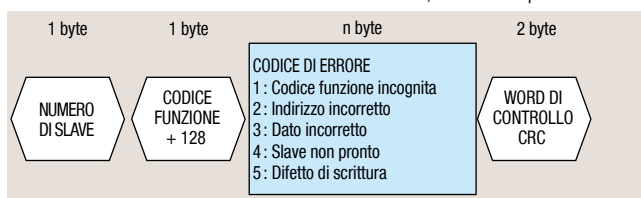
Presentazione

I protocolli JBUS (costruttore "April") e MODBUS (costruttore "Modicon") sono dei protocolli di dialogo che creano una struttura gerarchica (un master e diversi slave).
JBUS / MODBUS può dialogare in ASCII 7 bits o in binario RTU 8bits.
Il vantaggio del modo RTU è che i dati da trasmettere prendono meno spazio quindi meno tempo. In effetti, diamo più dati in 8 che in 7 bits.
I prodotti SOCOMEC in protocollo JBUS / MODBUS dialogano in modo RTU (Remote Terminal Unit). Questo tipo di protocollo permette di interrogare, dal master, uno o diversi slave intelligenti. Un collegamento di molti punti lega tra di loro master e slave.
MODBUS / RTU è un protocollo sicuro basato sul calcolo di un CRC o test di ridondanza ciclica. Questo CRC calcolato su 16 bits fa parte integrante del messaggio ed è verificato dal destinatario.
Due tipi di dialoghi sono possibili tra il master e lo slave:
- il master dialoga con uno slave e aspetta la sua risposta,
- il master dialoga con tutti gli slave senza aspettare la loro risposta (principio della diffusione generale).

Il master gestisce i dialoghi e solo lui ne ha l'iniziativa. Questo master reitera la domanda dopo una trasmissione errata e classifica lo slave come assente se non ha una risposta dopo un determinato tempo (time-out). Si può essere sulla linea solo un apparecchio che sta emettendo. Nessun slave può decidere da solo di mandare un messaggio senza avere avuto l'accordo del master. Tutte le comunicazioni laterali (da slave a slave) possono esistere solo se il software del master è stato progettato per ricevere dei dati e mandarli di uno slave all'altro.

Il master può comunicare con 247 slave individuati dallo slave n° 1 allo slave n° 247. Se il master utilizza il numero di slave 0, corrisponde a una comunicazione verso tutti gli slave (scrittura soltanto). I protocolli JBUS e MODBUS permettono di accedere alle apparecchiature collegate sullo stesso cavo.

Composizione delle trame di comunicazione

Una trama di comunicazione è composta da una successione di byte formando un messaggio, ogni byte essendo composto di 8 bits. I dati possono essere stoccati su un byte, 1 word (2 byte), oppure una doppia word (4 byte).

Per iniziare un dialogo, il master deve mandare **una trama di domanda** di cui la struttura ha la seguente:

Lo slave interrogato risponde allora alla richiesta tramite **una trama di risposta** di cui la struttura è la seguente:

In caso di errore nella trama emessa dal master, lo slave risponde da **una trama di errore** di cui la struttura è la seguente:

Il protocollo JBUS / MODBUS (seguito)

Esempi di trame di comunicazione

Tutti i prodotti SOCOMEC sono forniti con un manuale che contiene le tabelle JBUS / MODBUS. Queste tabelle permettono di conoscere l'indirizzo dove sono stoccati i dati con il loro formato (taglia dei dati e tipo segnato o no).

Lista dei parametri in lettura (funzione 3)

Tabella degli indirizzi (decimale ed esadecimale) dei valori reali delle grandezze dello strumento (Valori reali - 2 word)

Indirizzo Dec.	Indirizzo Hex.	Numero di word	Descrizione	Unità di misura
50514	C552	2	Tensione concatenata: U12	V/100
50516	**C554**	**2**	**Tensione concatenata: U23**	**V/100**
50518	C556	2	Tensione concatenata: U31	V/100
50520	**C558**	**2**	**Tensione di fase fase 1**	**V/100**
50522	C55A	2	Tensione di fase fase 2	V/100
50524	**C55C**	**2**	**Tensione di fase fase 3**	**V/100**
50526	C55E	2	Frequenza: F	Hz/100
50528	**C560**	**2**	**Corrente fase 1**	**mA**
50530	C562	2	Corrente fase 2	mA
50532	**C564**	**2**	**Corrente fase 3**	**mA**
50534	C566	2	Corrente del neutro	mA
50536	**C568**	**2**	Σ Potenza attiva +/-: P	**kW/100**
50538	C56A	2	Σ Potenza reattiva +/-: Q	kvar/100
50540	**C56C**	**2**	Σ Potenza apparente +/-: S	**kVA/100**
50542	C56E	2	Σ Fattore di potenza:	0,001
			-: capacitivo e +: induttivo	

Tabella degli indirizzi (decimale ed esadecimale) dei valori proporzionali delle grandezze dello strumento su 1 word

Indirizzo Dec.	Indirizzo Hex.	Numero di word	Descrizione	Unità di misura
51281	C851	1	Tensione concatenata: U12	V/100
51282	**C852**	**1**	**Tensione concatenata: U23**	**V/100**
51283	C853	1	Tensione concatenata: U31	V/100
51284	**C854**	**1**	**Tensione di fase fase 1**	**V/100**
51285	C855	1	Tensione di fase fase 2	V/100
51286	**C856**	**1**	**Tensione di fase fase 3**	**V/100**
51287	C857	1	Frequenza: F	Hz/100
51288	**C858**	**1**	**Corrente fase 1**	**mA**
51289	C859	1	Corrente fase 2	mA
51290	**C85A**	**1**	**Corrente fase 3**	**mA**
51291	C85B	1	Corrente del neutro	mA
51292	**C85C**	**1**	Σ Potenza attiva +/-: P	**kW/100**
51293	C85D	1	Σ Potenza reattiva +/-: Q	kvar/100
51294	**C85E**	**1**	Σ Potenza apparente +/-: S	**kVA/100**
51295	C85F	1	Σ Fattore di potenza:	0,001
			-: capacitivo e +: induttivo	

** Alcuni apparecchi come il DIRIS o l'ATyS possiedono una tabella dove l'informazione è stoccata su una word per potere essere compatibile con un master JBUS / MODBUS che non accetta il format con 2 word.*

L'esempio qui sotto mostra la trama che il master JBUS / MODBUS manda per leggere una tabella di lunghezza di 158 word (0X9E in esadecimale).

Slave	Funzione	Indirizzo ordine alto	Indirizzo ordine basso	Numero di word ordine alto	Numero di word ordine basso	CRC 16
05	03	03	00	00	9E	C5A2

Se però si desidera ricuperare solo la potenza attiva, è sufficiente mandare la trama seguente in esadecimale :

Slave	Funzione	Indirizzo ordine alto	Indirizzo ordine basso	Numero di word ordine alto	Numero di word ordine basso	CRC 16
02	03	03	16	00	02	25B8

Nella tabella precedente, vediamo che i segni + e – figurano per questo dato. Il bit di peso forte permette di conoscere il segno del dato ricevuto :
- il bit è a 1 : il valore è negativo,
- il bit è a 0 : il valore è positivo.

Risposta di un DIRIS per una potenza positiva :

Slave	Funzione	Numero di byte	Valore peso forte word 1	Valore peso debole word 1	Valore peso forte word 2	Valore peso debole word 2	CRC 16
02	03	04	00	00	8C	AC	AD8E

8CACh dà 36 012 kW / 100 ossia 360,12 kW

Risposta di un DIRIS per una potenza positiva :

Slave	Funzione	Numero di byte	Valore peso forte word 1	Valore peso debole word 1	Valore peso forte word 2	Valore peso debole word 2	CRC 16
02	03	04	FF	FF	7B	D3	AA7A

FFFF7BD3h dà -33 837 kW / 100 ossia -338,37 kW

Per ottenere questo risultato, si deve fare il complemento 1 (prendere l'inverso del valore ottenuto in binario) e aggiungere 1 al risultato, ossia:
- complemento a 1 : FFFF7BD3 esa dà 842C esa,
- addizione di 1 : 842C esa +1 = 33 837 decimale, il valore essendo negativo esso dà -33 837 kW / 100, ossia -338,37 kW.

Il protocollo JBUS / MODBUS (seguito)

Il bus RS485 per il protocollo JBUS / MODBUS

Una trasmissione è composta da un'emissione e da una ricezione. I due sensi di trasmissione possono essere:
- separati su due vie distinte (collegamento simplex in 4 fili + massa per una RS485)
- riuniti su una stessa via, con l'emissione e la ricezione che si fanno alternativamente nei due sensi (half-duplex in 2 fili + massa)
- riuniti su una stessa via, con l'emissione e la ricezione che si fanno simultaneamente (full-duplex in 2 fili).

In ogni caso, il livello di tensione è applicato in modo differenziale, i.e. senza riferimento rispetto alla massa. E' la differenza di potenziale tra i 2 fili della via che crea il segnale.
Il bus RS485 è un bus di campo. E' stato progettato per funzionare in ambienti industriali difficili in termine di perturbazioni elettromagnetiche o altre.

Anche se è robusto, questo bus deve rispettare le regole di installazione che lo definiscono, per funzionare correttamente:

- lunghezza massima: 1 200 m per una velocità che può raggiungere 100 kbit / secondo. La lunghezza può essere aumentata grazie all'addizione di un ripetitore di linea RS485 (vedere fig. 1),
- numero massimo di slave JBUS / MODBUS collegati: 31. Il numero può essere aumentato grazie all'addizione di un ripetitore di linea RS485,
- nessun cablaggio in stella,
- mettere le impedenze 120 W sul primo e l'ultimo apparecchio del bus,
- posizionare i livelli di sicurezza (resistenze di pull-up e di pull-down) che fissano ogni filo del bus a un livello di tensione, particolarmente quando il bus è allo stato di riposo al livello dell'interfaccia di comunicazione,
- utilizzare un cavo avente le caratteristiche (impedenza + capacità) adatte al tipo di comunicazione (blindato). Il blindaggio di questo cavo deve essere continuo su tutto il bus e deve essere collegato a terra solo a un posto del bus, per non creare antenna.

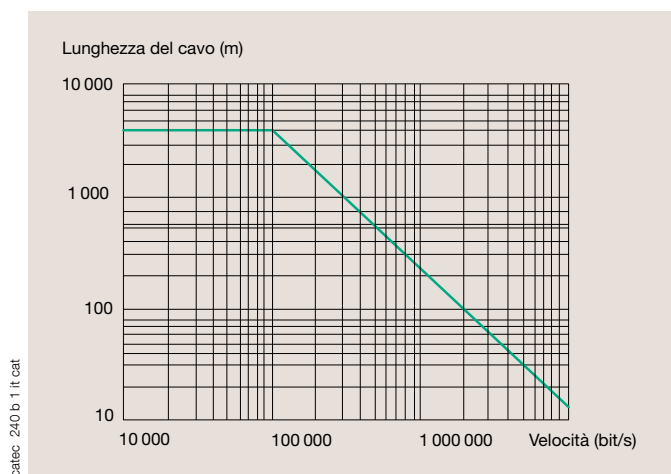



Fig. 1.

Il rispetto dell'insieme di queste regole deve consentire l'utilizzo del bus RS485 negli ambienti difficili.

Esempi di cavi consigliati

HELUKABEL: JE-LiYCY Bd SI Industry-Elktronic Cable secondo la DIN VDE 0815.
BELDEN: 9841 Paired - Low Capacitance Computer Cable for EIA RS-485 Applications.
ALPHA: 6412 Multipair, Foil/Braid shield PE/PVC, cavo a bassa capacità.

Configurazioni

Per permettere al master e agli slave di comunicare, un certo numero di configurazioni delle caratteristiche delle trame di comunicazione deve essere effettuato. I parametri da configurare sono i seguenti:
- il numero di bit che compone ogni byte della trama (7 o 8 bit),
- il numero di bit di stop (1 o 2),
- la parità (pari, dispari o senza),
- la velocità di comunicazione, espressa in bauds, può variare da 1 200 bauds a 10 Mbauds. Al di sopra di 100 kbds, la lunghezza massima del bus è funzione della velocità di comunicazione.

I media di comunicazione per il protocollo JBUS / MODBUS

Generalmente, il master JBUS / MODBUS è sia un PLC associato ad un inseritore, sia un computer associato ad un'interfaccia di comunicazione. SOCOMEC propone una gamma intera di interfacce di comunicazione per i collegamento con un bus RS485. La scelta dell'interfaccia utilizzata dipende essenzialmente dell'ambiente nel quale si desidera utilizzarla, ma anche di alcuni obblighi materiali e di configurazioni della rete.

Così, si può trovare diversi tipi di interfacce:

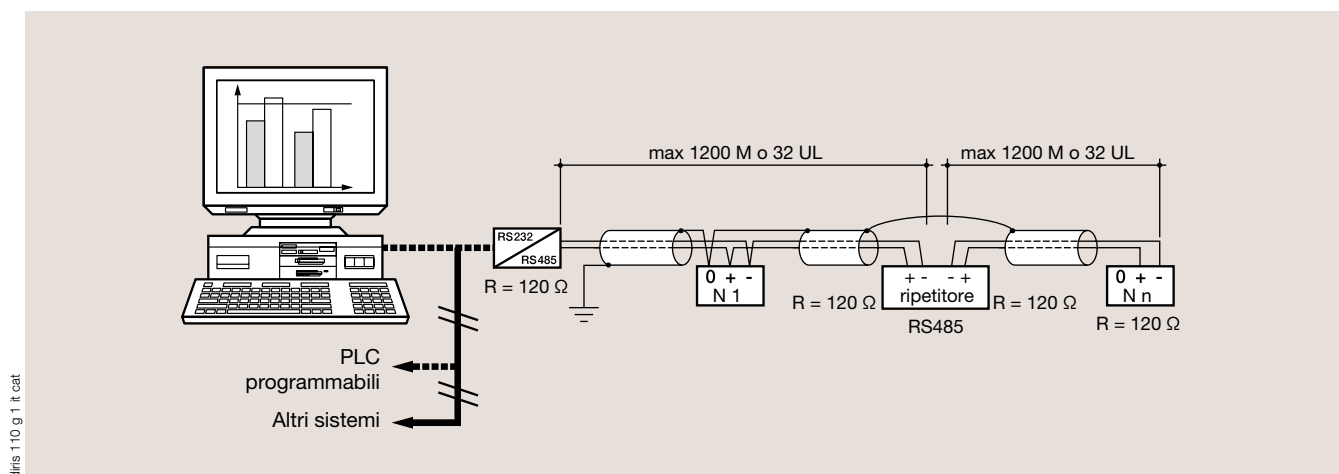
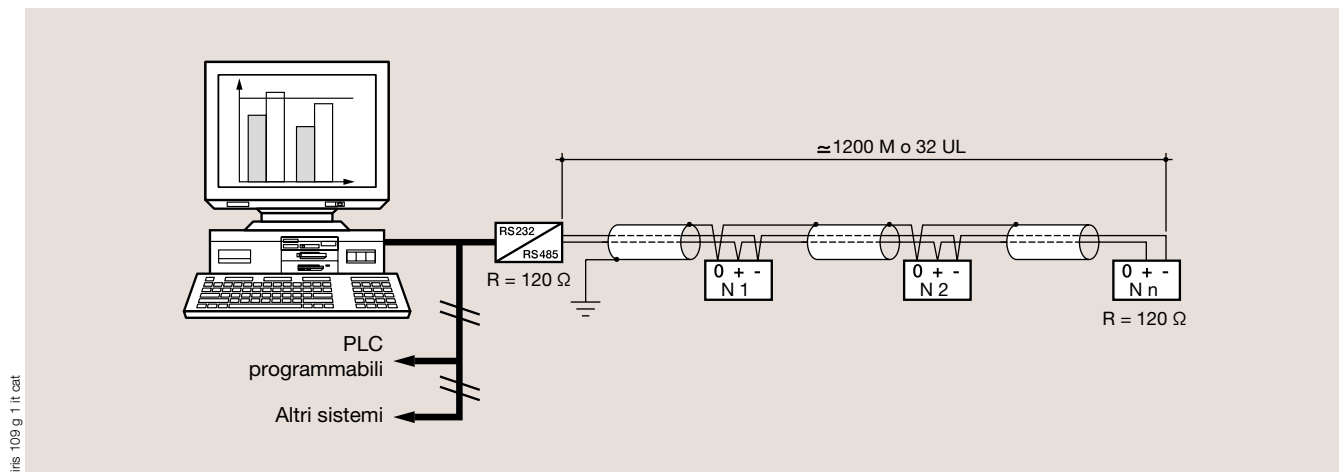
RS232	⇔	RS485		
USB	⇔	RS485		
RS232	⇔	ETHERNET	⇔	RS485
RS232	⇔	collegamento telefonico RTC	⇔	RS485
RS232	⇔	collegamento telefonico GSM	⇔	RS485
RS232	⇔	collegamento radio	⇔	RS485
RS232	⇔	collegamento ottico	⇔	RS485

Reti di comunicazione

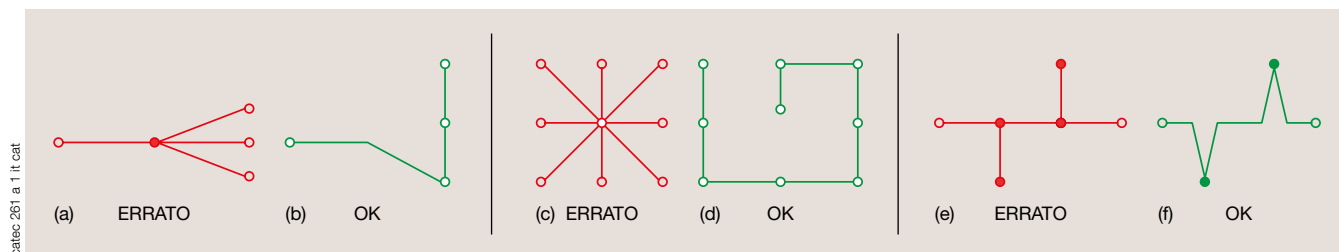
Il bus RS485

Un bus RS485 è definito dalla norma EIA-TIA-485-A e dalla guida di applicazione TSB-89-A

Topologia

La configurazione raccomandata è il collegamento in serie.

UL = unity of loads, vedere la pagina corrispondente più in basso

La configurazione in serie è quella che limita maggiormente le riflessioni dei segnali.

Esempio: Conversione di una configurazione non adattata verso una configurazione del bus adattata.

Per lo schema (e) tuttavia sono tollerate delle derivazioni di 30 cm massimo (collegamenti verticali sullo schema(e)).

Il bus RS485 (seguito)

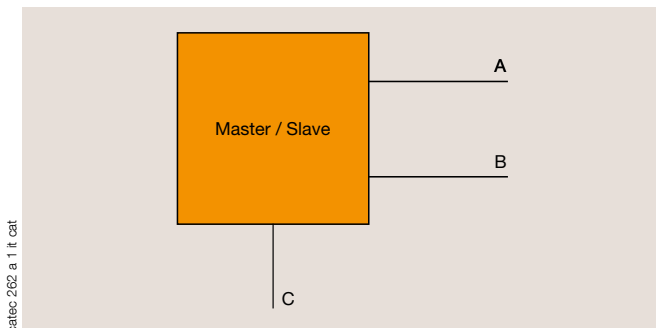
Tipo di cavo

Raccomandiamo di utilizzare una coppia attorcigliata schermata (schermatura generale) di sezione minima 0,20 mm² (AWG 24) d'impedenza 120 ohms di tipo L IYCY-CY.

Messa a terra

Collegare la schermatura a una sola estremità a terra per garantire l'equipotenzialità della schermatura.
Non è necessaria nessuna messa a terra.

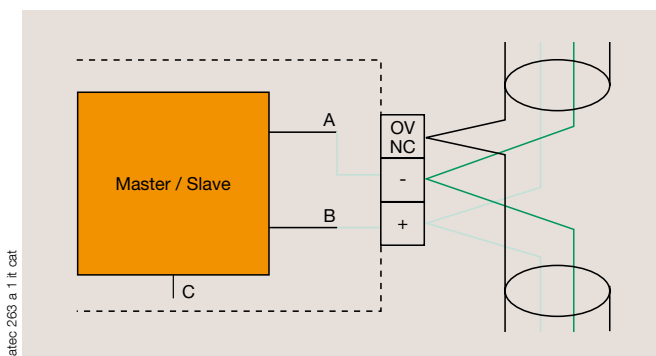
Identificazione morsettiera SOCOMEC rispetto alla norma RS485

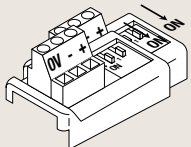
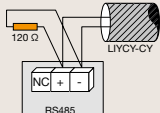
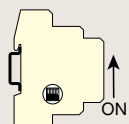
Un Master/Slave RS485 di norma è collegato in 3 punti sul bus.

È possibile che i costruttori abbiano assegnato delle denominazioni diverse da A, B e C per quanto riguarda le morsettiere.
Ecco l'interpretazione per ciò che riguarda SOCOMEC :

- B = +
- A = -
- C = "0V / NC"

I prodotti SOCOMEC non hanno bisogno del morsetto C per comunicare.
Si dovranno osservare le seguenti raccomandazioni :

- nella rete a 3 fili il 3° morsetto (C) dovrà essere collegato al morsetto (OV/ NC)
- nella rete a 2 fili, il 3° morsetto (C) sarà utilizzato per realizzare la continuità della schermatura.

Principio di collegamento dei prodotti SOCOMEC

Schema di collegamento dei prodotti SOCOMEC in una rete a 2 fili

Il morsetto "OV / NC" della morsettiera SOCOMEC non è collegato al morsetto C del prodotto RS485.
Questo morsetto isolato può essere utilizzato per facilitare la continuità della schermatura.

Il bus RS485 (seguito)

Resistenza di fine linea

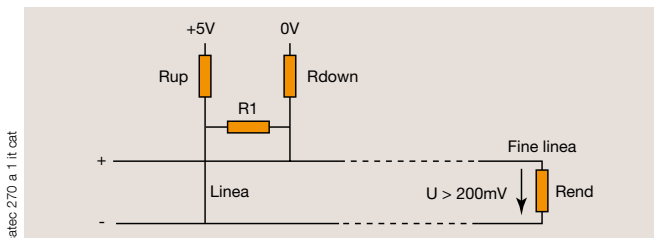
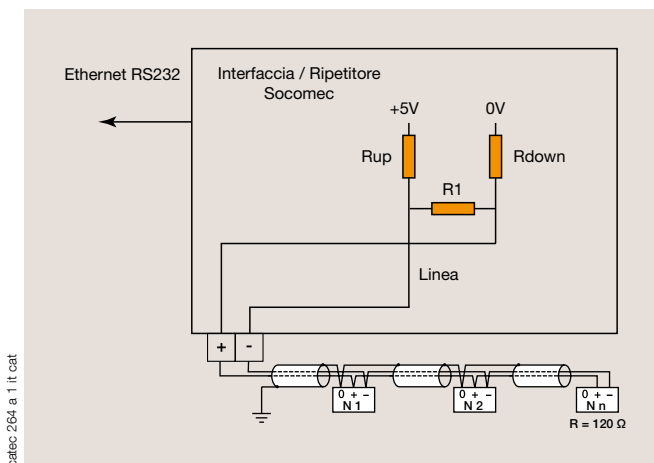
La resistenza di fine linea e l'impedenza di linea di valore identico (resistenza di 120 ohms) permette di ridurre al massimo la riflessione del segnale. Essa deve essere posta ad ogni estremità del bus. a seconda dei modelli, può essere direttamente integrata nell'interfaccia.

Attivazione dei prodotti: guida pratica

Apparecchio	Resistenza di terminazione	
DIRIS A20, A40, A60, E53		Posizionare : • i 2 dip switch su ON per attivare la resistenza • i 2 dip switch su OFF per disattivare la resistenza
DIRIS A10, Gamma COUNTIS E		Resistenza indipendente fornita con il prodotto (pezzo a parte). Cablaggio tra morsetto + e -.
COUNTIS ECI		Posizionare : • i 4 dip switch su ON per attivare la resistenza • i 4 dip switch su OFF per disattivare la resistenza

Da notare che all'inizio della linea essa può essere posizionata su un terzo apparecchio o un automa e non sul primo slave

Polarizzazione del bus

La norma RS485 impone un livello differenziale di 200 mV per la rilevazione del segnale.
Se la linea RS485 non è polarizzata, questo livello non sarà raggiunto a riposo (senza comunicazione sulla linea) e quindi il funzionamento non sarà garantito.
A questo scopo, si applica una polarizzazione in 1 solo punto del bus. Essa preferibilmente è applicata sul lato master. Su alcuni modelli di interfaccia, è possibile attivare questa polarizzazione di linea.
In caso contrario, bisognerebbe aggiungere un'alimentazione esterna. Essa deve garantire un livello di 250-280 mV su tutto il bus quando non c'è comunicazione in transito. Una tensione di 250-280 mV è un buon compromesso. Essa garantisce di essere superiore a 200 mV e tuttavia non comporta un consumo eccessivo.
Per verificare ciò, il modo più pratico è di posizionare la fonte di polarizzazione all'inizio del bus (lato interfaccia) e di verificare il livello di tensione all'altra estremità del bus. Si tratta del caso più sfavorevole : il primo apparecchio comunica con l'ultimo. Questa polarizzazione è integrata sulle interfacce e i ripetitori SOCOMEC.
Attenzione, il segnale della tensione (U) deve essere positivo.

Schema del principio della polarizzazione di un bus

Schema di collegamento di un bus con interfacce SOCOMEC con polarizzazione integrata

Il bus RS485 (seguito)

Polarizzazione del bus (seguito)

Il dimensionamento

Nel caso di un'alimentazione esterna 5V è necessario aggiungere le resistenze R_{up}, R_{down} e R_1.
Il dimensionamento di R_{up}, R_1, R_{down}, dipende dal livello esatto della tensione di alimentazione e dalle resistenze di linea.
Valori standard:
$R_{up} = R_{down}$ = 560 ohms (+/- 5 %, ¼ W)
R_1 = 120 ohms (+/- 5 %, ¼ W)
R_{end} = 120 ohms (+/- 5 %, ¼ W)

Il metodo di determinazione è interattivo.
Il processo è quello di verificare se con questi valori standard il livello di tensione U alla fine della linea si colloca nella fascia prevista (250 – 280 mV). Diversamente, per raggiungere questa fascia si può giocare sui valori Rup e Rdown tra 390 e 750.
Le operazioni vengono ripetute finché non si ottiene una tensione conforme.

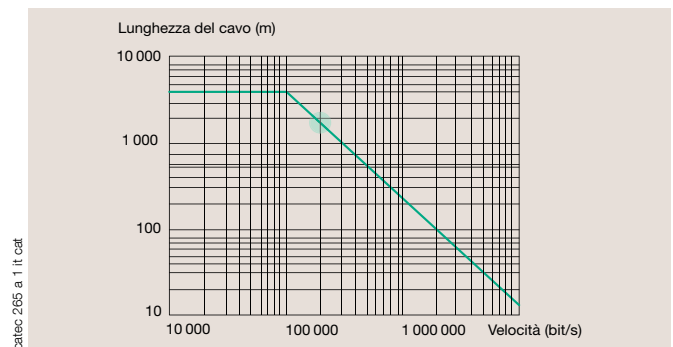
Limitazioni

In una rete RS485 si deve tenere conto di 2 limitazioni

Il numero massimo di apparecchi
Un trasmettitore RS485 deve poter comunicare con 32 unità di carico al massimo (32 UL = 32 Unity of Loads).

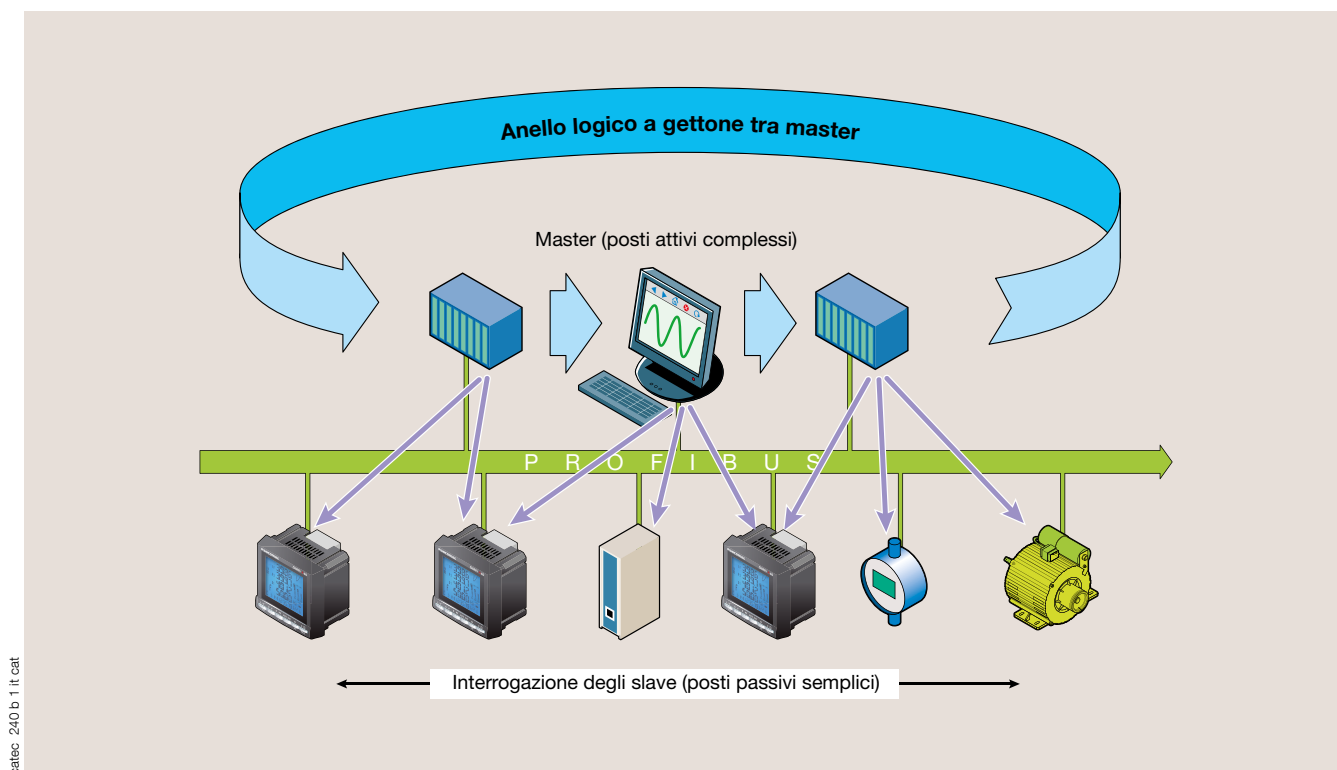
Apparecchio	Valore in UL	Numero di apparecchi per ottenere 32 UL
DIRIS A10	**1**	**32**
DIRIS A20	1	32
DIRIS A40	**1**	**32**
DIRIS A60	1	32
COUNTIS Ci	1	32
COUNTIS E53	**1**	**32**
COUNTIS E33	1/2	64
COUNTIS E43	**1/2**	**64**
COUNTIS E44	1/2	64

Per carichi oltre 32 UL, sarà necessario utilizzare un ripetitore.

La distanza massima dal bus
La distanza massima per una portata max fino a 100 kbds è di 1 200 m

Oltre questa velocità, sarà necessario utilizzare un ripetitore.

Il protocollo PROFIBUS

Presentazione

Basato su un principio di scambio ciclico tra master e slave, il protocollo PROFIBUS permette una comunicazione multi-master e multi-slave sullo stesso bus. Il metodo utilizzato in questo caso è quello del gettone: il primo master possiede il gettone, esegue la comunicazione con gli slave che vuole e dà il gettone al master seguente che riproduce lo stesso schema.

File GSD

Il protocollo è basato su delle tabelle di dialogo di ingressi e di uscite. La descrizione di queste tabelle, anche chiamate moduli, si fa tramite un file GSD fornito da ogni slave PROFIBUS. Le istruzioni per l'uso del modulo Profibus, completate da questo file GSD, descrivono il funzionamento dello slave rispetto a questo protocollo.

Le diverse varianti

PROFIBUS DP (Costruttore) Prodotti Socomec	PROFIBUS PA (Process)	Comando di assi su PROFIBUS (trasmissione)	PROFIsafe (Universale)
Profili applicativi come dei sistemi di identificazione	Profili applicativi come dei apparecchiature PA	Profili applicativi come dei PROFIdrive	Profili applicativi come dei PROFIsafe
Pile DP (DP - V0 a V2)	Pile DP (DP - V1)	Pile DP (DP - V2)	Pile DP (DP - V0 a V2)
RS485	MBP 15	RS485	RS485 MBP 15

Come ogni protocollo di comunicazione (in particolare per i bus di campo), PROFIBUS è basato sul modello degli strati OSI descritti precedentemente. Per rispondere alle diverse applicazioni, quattro varianti dette applicative sono state realizzate, ognuna con la sua specificità.

I prodotti della gamma SOCOMEC hanno una certificazione PROFIBUS DP V0.

Perciò, è possibile collegare questi prodotti ad un bus PROFIBUS DP.

Il protocollo PROFIBUS (seguito)

Il bus per il protocollo PROFIBUS

Lo strato 1 del modello OSI assicura la trasmissione fisica dei dati. Definisce quindi le caratteristiche elettriche e meccaniche : tipo di codificazione e interfaccia normalizzata (RS485).

PROFIBUS specifica diverse versioni di strati "fisici" secondo le tecniche di trasmissione conforme alle norme internazionali IEC 61158 e IEC 61784.
Le diverse versioni sono le seguenti :
- trasmissione RS485,
- trasmissione MBP,
- trasmissione RS485-IS,
- trasmissione fibra ottica.

SOCOMEC utilizza il collegamento RS485 con le caratteristiche seguenti :
- trasmissione numerica differenziale,
- flusso da 9,6 à 12000 kbits / s,
- sopporto costituito da una coppia attorcigliata schermata,
- tipologia lineare (senza stella) con estremità di bus,
- 32 punti collegabili con possibilità di aggiungere dei ripetitori.

Per dare sicurezza alla trasmissione, è fortemente consigliato l'utilizzo di un cavo normalizzato PROFIBUS.
Diversi riferimenti sono proposti sul sito seguente : http://www.procentec.com/products/cable/index.php.

Misura elettrica

Dispositivo ferromagnetico

È formato da due dispositivi (uno fisso, l'altro mobile e solidale con l'ago indicatore), posti all'interno di una bobina alimentata dalla corrente da misurare.

Il dispositivo ferromagnetico legge il valore efficace del segnale alternato; l'influenza della forma d'onda è trascurabile. Si può anche utilizzare sul segnale continuo, ma a scapito della classe di precisione.

Per la sua semplicità è uno strumento particolarmente indicato per la misura delle correnti alternate dei quadri in bassa tensione.

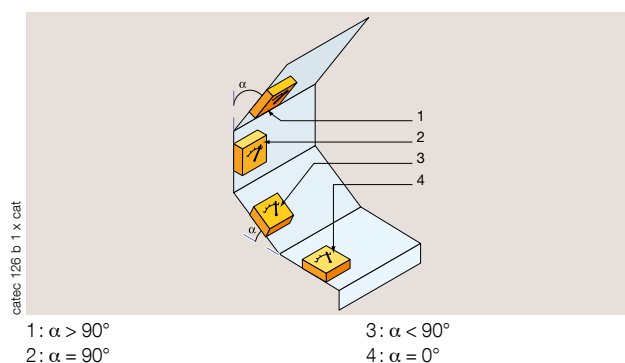
Dispositivo a bobina mobile

La corrente di misura percorre un telaio mobile bobinato, posta nel campo magnetico di un magnete permanente. Sotto l'azione delle forze elettromagnetiche esercitate su di esso, il telaio ruota secondo una legge lineare.

Caratterizzato da un basso consumo, questo è lo strumento di misura per eccellenza dei segnali continui di valore ridotto.

Dispositivo a bobina mobile da raddrizzatore

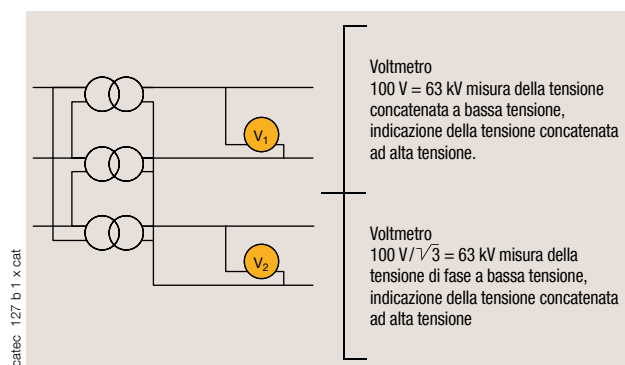
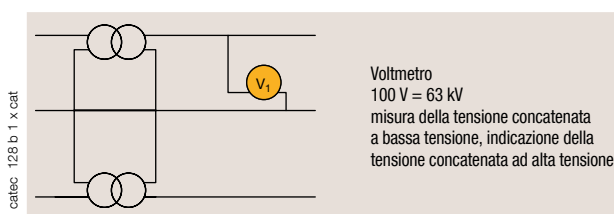
Essendo un apparecchio a corrente continua polarizzato, con l'aggiunta di un raddrizzatore a diodi il galvanometro a telaio mobile consente la misura di grandezze alternate.

1 : α > 90°
2 : α = 90°
3 : α < 90°
4 : α = 0°

Posizione d'utilizzo

Gli indicatori ROTEX e DIN sono tarati con il quadrante in posizione verticale.

È possibile utilizzarli in altre posizioni senza diminuirne sensibilmente la precisione. A richiesta, gli indicatori possono essere tarati per il funzionamento in una qualsiasi altra posizione (da specificare al momento dell'ordine).

Utilizzo di trasformatori di tensione

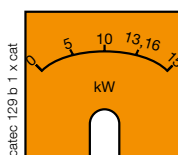
**Montaggio di 3 TP:
rete 63 kV - TP 63 kV/100 V/$\sqrt{3}$**

**Montaggio a "V" di 2 TP: rete 63 kV - TP: 63 kV/ 100 V (V
(utilizzo: misura di 3 tensioni 2 TP)**

Convertitore di potenza

Esempio

Taratura di un convertitore di potenza attiva: TA 20 / 5 A, U = 380 V, rete trifase, cos φ = 1. Taratura di base:
P' (convertitore) = UI cos $\varphi \sqrt{3}$ = 380 V x 5 A x 1 x 1,732 = 3290 W quindi con TI da 20 A: P = 3290 W x 20 / 5 = 13,16 kW
uscita convertitore: 0 mA = 0 %; 20 mA = 100 % del carico.

- Taratura per display digitale, relè di soglia, o GTC: si può tarare un display digitale per visualizzare 13,16 kW a 20 mA, quindi non è necessario modificare la taratura del convertitore.
- Taratura per indicatore ad ago (scala usata: da 0 a 15 kW) calibrato a 20 mA a fondo scala: l'apparecchio associato non è regolabile, la taratura del convertitore va effettuata nel modo seguente:

$$P' \text{ (convertitore)} = \frac{15 \text{ kW}}{13{,}16 \text{ kW}} \times 3290 \text{ W} = 3750 \text{ W per } 20 \text{ mA}$$

$$I' \text{ (uscita convertitore)} = \frac{13{,}16 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 20 \text{ mA} = 17{,}55 \text{ mA}$$

3290 W = > 13,16 kW => 17,55 mA
3750 W => 15 kW => 20 mA

Classe di precisione

- **Un apparecchio di misura analogico** è caratterizzato da un indice di classe (o classe di precisione). Che rappresenta l'errore massimo espresso in percento del valore di fondoscala.

Esempio: un amperometro con 50 divisioni, classe 1,5
L'errore sarà di $\frac{1,5}{100}$ x 0,75 divisioni 0,75 divisioni
- ossia per un amperometro da 20 A: 20/50 x 0,75 = 0,3 A
- ossia per un amperometro da 400 A: 400/50 x 0,75 = 6 A

- **Un apparecchio numerico** (o digitale) può indicare un valore di ± 1 digit dell'ultima cifra del numero visualizzato, oltre alla precisione reale degli elementi costitutivi dell'apparecchio.

Esempio: un indicatore a 3 cifre (999 punti), con precisione dello 0,5 %, collegato a un TA 400/5 A, visualizzazione 400 A.
- (a) errore intrinseco 400 x $\frac{0,5}{100}$ ossia ± 2 A
- (b) errore di visualizzazione 1 cifra, ossia ± 1 A
- valori estremi di lettura: (a) + (b) = ± 3 A (a carico nominale).

- **Un trasformatore di corrente** (TA) caratterizzato dalla sua classe di precisione.
Questo errore varia in funzione del carico nel modo seguente:

Errore (± % de I_n)								
Livello di carico		0,1 I_n	0,2 I_n	0,5 I_n	I_n	1,2 I_n	5 I_n	10 I_n
Classe	0,5	1,0	0,75		0,5			
	1	**2,0**	**1,50**		**1,0**			
	3			3	3	3		
	5			**5**	**5**	**5**		
	5P5				5		5	
	5P10				**5**			**5**

Esempio: i TA 5P5 sono usati per misurare la corrente dei circuiti dei motori e assicurano una precisione di ± 5 % a 5 I_n.

Consumo dei cavi in rame

Per definire la potenza del TA o del convertitore da scegliere, si deve considerare il consumo dei cavi per garantire il buon funzionamento della catena di misura
(L: distanza semplice tra il TA e l'indicatore).

$$\text{Perdite in VA} = \frac{I^2 \text{ (in A)} \times 2}{S \text{ (in mm}^2) \times 56} \times L \text{ (in m)}$$

Perdite nei cavi in VA[(1)] - Per TA 5 A

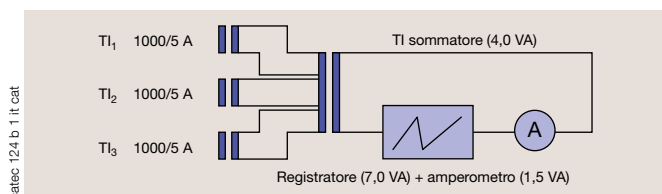
L (in m) / S (mm^2)	1	2	5	10	20	50	100
1,0	0,89	1,79	4,46	8,93	17,9	44,6	89,3
2,5	**0,36**	**0,71**	**1,79**	**3,57**	**7,14**	**17,9**	**35,7**
4,0	0,22	0,45	1,12	2,23	4,46	11,2	22,3
6,0	**0,15**	**0,30**	**0,74**	**1,49**	**2,98**	**7,44**	**14,9**
10	0,09	0,18	0,45	0,89	1,79	4,46	8,93

Perdite nei cavi in VA[(1)] - Per TA 1 A

L (in m) / S (mm^2)	1	2	5	10	20	50	100
1,0	0,04	0,07	0,18	0,36	0,71	1,79	3,57
2,5	**0,01**	**0,03**	**0,07**	**0,14**	**0,29**	**0,71**	**1,43**
4,0	-	0,02	0,04	0,09	0,18	0,45	0,89
6,0	**-**	**-**	**0,03**	**0,06**	**0,12**	**0,30**	**0,60**
10	-	-	0,02	0,04	0,07	0,18	0,36

(1) Si tiene conto solo della componente attiva delle perdite..

Trasformatore sommatore

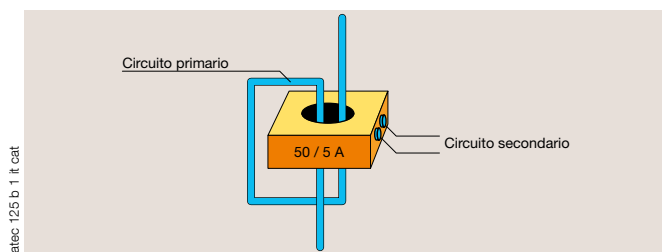
I TA sommatori consentono di addizionare i valori efficaci di più correnti alternate di una fase; tali correnti possono avere dei cos φ diversi .
Un TA sommatore è definito con :
- il numero di TA da collegare (tutti con lo stesso rapporto di trasformazione),
- la potenza nominale di utilizzo.

Esempio : 3 circuiti da controllare per un'uscita su un registratore e un indicatore :
- (a) Bilancio della potenza da fornire con il TA sommatore :
  (amperometro + registratore + perdita circuito di misura)
  P' = 1,5 VA + 7,0 VA + 1,5 VA = 10,0 VA,
- (b) Bilancio della potenza da fornire con i TA :
  P = P' +consumo proprio del TA sommatore
  P = 10,0 VA + 4,0 VA = 14,0 VA ; ossia P / 3 per ogni TI.

TA saturabili

I TA saturabili assicurano l'alimentazione dei relè termici di bassa potenza, proteggendoli dalle sovracorrenti dovute ai frequenti avviamenti dei motori (i TA saturabili esistono solo in uscita da 1 A).

SOCOMEC distingue due tipi di TA saturabili :
- TA con saturazione a partire da 4 I_n per avviamenti normali (per es. pompe)
- TA con saturazione a partire da 1,5 I_n per avviamenti impegnativi (per es. ventilatori senza registri).

Adattamento dei rapporti di trasformazione

Per correnti nominali inferiori ai 50 A, si possono utilizzare TA a cavi passanti con corrente primaria più elevata al posto dei TA a primario avvolto ; questo avviene facendo passare più volte la linea primaria attraverso il TA.
Oltre all'economia, questo metodo permette di adattare i diversi rapporti di trasformazione (mantenendo lo stesso rendimento e classe di precisione delle misure).

Esempio : corrente del primario del TA 50 A.

Corrente del primario da misurare	Numero di passaggi
50 A	1
25 A	2
10 A	5
5 A	10

Protezione digitale delle reti

Generalità

Il DIRIS di protezione, oltre alle funzioni di misura, conteggio, monitoraggio degli allarmi e comunicazione, assicura una funzione di protezione contro le sovracorrenti. Per assicurare una tale funzione, il DIRIS dispone di un modulo che consente di regolare una curva di sgancio.

La corrente I_0 è calcolata come la somma vettoriale delle tre correnti di fase I_1, I_2, I_3 o misurata direttamente sul quarto ingresso di corrente. Il quarto ingresso può essere collegato al neutro tramite un trasformatore di corrente o collegato a un TOROIDE omopolare per la misura delle correnti di fuga in corrispondenza della terra.

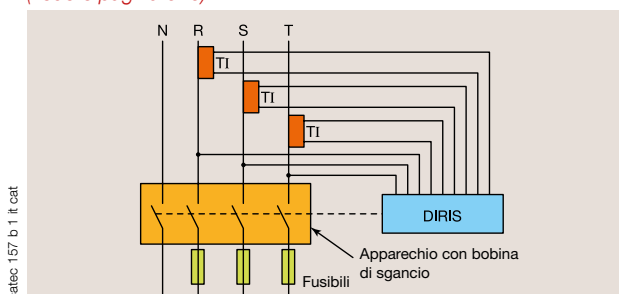
La soglia si stabilisce scegliendo una curva a tempo dipendente (SIT, VIT, EIT o UIT), o una curva a tempo indipendente DT.

Tutte le misure delle correnti sono effettuate in TRMS.

La protezione dalle correnti di guasto è assicurata con il confronto tra le correnti misurate e la curva di protezione predefinita.

Funzioni di protezione

Protezione magnetica su I_1, I_2, I_3, I_n :	I >>	codice ANSI : 50
Protezione termica su I_1, I_2, I_3, I_n :	I >	codice ANSI : 51
Protezione magnetica sulla componente omopolare I_0 :	I_0 >>	codice ANSI : 50 N
Protezione termica sulla componente omopolare I_0 :	I_0 >	codice ANSI : 51 N
Protezione di massima corrente direzionale :	I_{dir}	codice ANSI : 67
Selettività logica		codice ANSI : 68
Protezione contro il ritorno di potenza	> rP	codice ANSI : 37

Il DIRIS di protezione assicura la protezione dei circuiti elettrici : Deve essere obbligatoriamente associato a un dispositivo di apertura che garantisca l'apertura nei tempi convenzionali *(vedere pagina 676)*.

Schema del sistema di apertura.

Curve di protezione a tempo dipendente

Codice ANSI 50 fasi o 50 N Terra - secondo la norma IEC 60255-3 e BS 142. Queste curve sono generalemente utilizzate per la programmazione delle **soglia bassa** (sovraccarico).

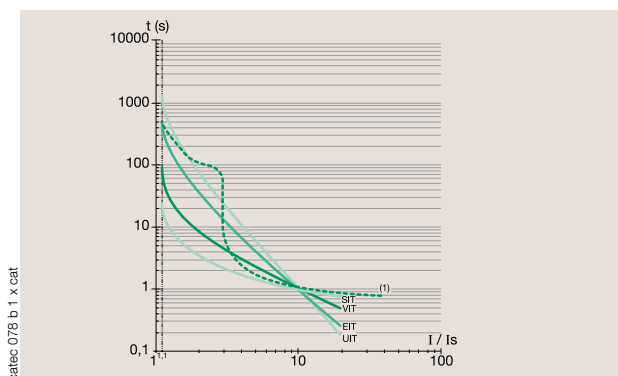
Per programmare la soglia bassa, occorre scegliere una curva, definire una soglia I_s (in percento) e un tempo T_s corrispondente al tempo di apertura per un guasto pari a 10 I_s.

La soglia I_s è il valore della corrente per la quale non avviene lo sgancio. Lo sgancio interviene dopo uno sbalzo di corrente superiore a 1,1 I_s e al termine della temporizzazione T_s.

Le curve, le soglie e le temporizzazioni sono identiche per le correnti di fase e la corrente I_0 o del neutro I_n.

Relè di protezione

In caso di superamento della soglia, e al termine della temporizzazione, un relè RT si chiude per un guasto di fase. Questo comando di chiusura del relè può essere bloccato nel caso in cui il dispositivo d'interruzione sia un interruttore I0 o del neutro In., al fine di rispettarne la capacità di apertura. Questo limite è fissato a 7 I_n. Il relè RT va resettato con il tasto "R" della tastiera.

Rappresentazione delle curve

Curva configurabile.

Equazione delle curve

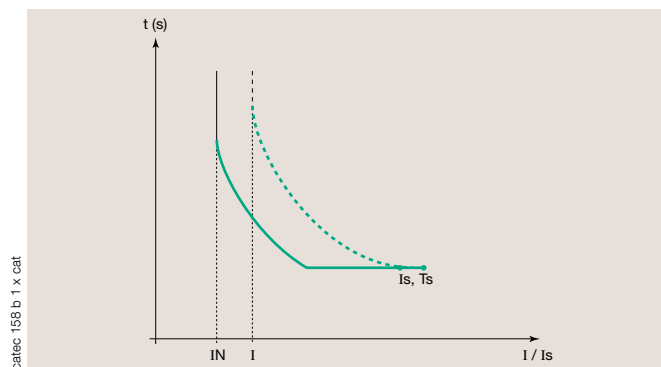
Curva a tempo inverso (SIT) :	$t = T_s \times \frac{47{,}13 \times 10^{-3}}{(I/I_s)^{0{,}02} - 1}$
Curva a tempo molto inverso (VIT) :	$t = T_s \times \frac{9}{(I/I_s) - 1}$
Curva a tempo estremamente inverso (EIT) :	$t = T_s \times \frac{99}{(I/I_s)^2 - 1}$
Curva a tempo ultra inverso (UIT) :	$t = T_s \times \frac{315{,}23}{(I/I_s)^{2{,}5} - 1}$

La curva "UIT" può essere riconfigurata punto per punto dall'utilizzatore tramite il collegamento RS485.

Protezione digitale delle reti

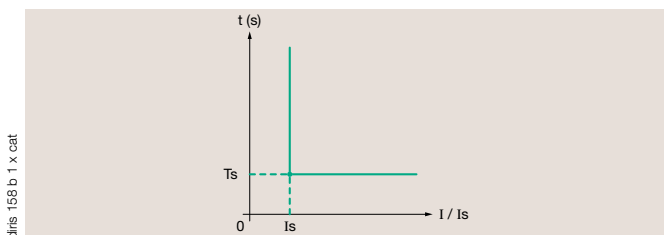
Protezione del neutro

La protezione del neutro si ottiene con la traslazione della curva di protezione delle fasi:

- i tempi Ts sono identici,
- le correnti sono divise da un coefficiente KN.

Protezione "guasto a terra"

Questa protezione è configurata allo stesso modo delle correnti di fase.
La protezione "guasto a terra" è una protezione contro le correnti di guasto di terra di valore rilevante. Essa non costituisce una protezione per le persone (contatti diretti o indiretti) ma una prevenzione contro l'incendio.

Curva di protezione a tempo indipendente

$0{,}02s < T_s < 300$ s
con I_n = corrente nominale

Codice ANSI 50 fasi 50 N Terra - secondo la norma IEC 60255-3 e BS 142. Questa curva è usata per la programmazione della soglia alta (cortocircuito). Essa può anche servire alla programmazione della soglia bassa se la curva a tempo dipendente non è stata considerata. Per programmare la o le soglie indipendenti, occorre scegliere la curva a tempo indipendente (DT), definire una soglia e una temporizzazione.
Tempo indipendente (DT) con:
$0{,}1\ I_n < I_s < 15\ I_n$
$0{,}02s < T_s < 30$ s

Protezione contro il ritorno di potenza

Codice ANSI 37

È la rilevazione di una soglia minima di potenza attiva negativa sulle 3 fasi associata ad una temporizzazione.
Per far ciò, bisogna programmare una soglia in valore assoluto compresa tra il 5 % e il 110 % di Sn, e una temporizzazione compresa tra 1 e 60 sec.
C'è la rilevazione di un minimo di potenza appena le seguenti condizioni sono definite:
- P < 0 e IPI > 10 % di Q, cioè un angolo compreso tra 96° e 264°,
- U > 70 % di Un (tensione nominale) sulle 3 fasi,
- I > I_n/20 sulle 3 fasi (ossia 250 mA se I_n = 5 A e 50 mA se I_n = 1 A),
- P > rP (soglia programmata in valore assoluto).

Scelta del TA

La classe minima raccomandata del TA di protezione è 5P 10 (precisione del 5 % a 10 In).

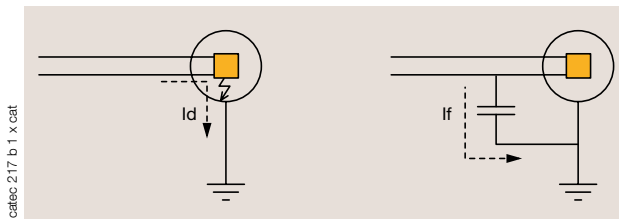
Scelta della potenza del TA in VA

- La classe del TA (5P 10, 10P 10…) è garantita per un carico massimo dato in VA.
- Il DIRIS rappresenta un carico di 1,5 VA al quale bisogna aggiungere le perdite dovute ai cavi di collegamento.

Esempio:
Corrente nominale: 275 A
La scelta si porta su un TA 300 A/1 A P
Il carico massimo di questo TA è di 4 VA per esempio.
Il TA è collegato con un cavo di 2 x 2,5 mm^2 di lunghezza 10 m.
Perdita in VA del cavo (vedere pagina 719): 3,57 VA.
Carico totale: 1,5 VA (DIRIS) + 3,57 VA = 5,07 VA.
Il TA non è adatto: o bisogna diminuire la lunghezza del cavo o aumentare la sua sezione o passare ad un TA il cui carico ammissibile è superiore a 5,07 VA.

Protezione differenziale

Generalità

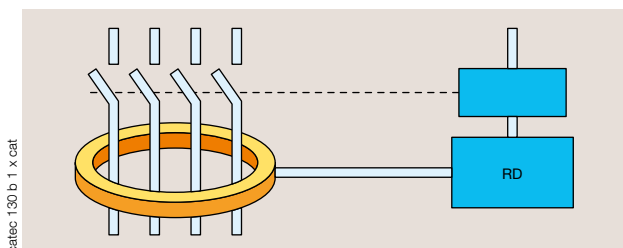
Una corrente di guasto a terra è una corrente che si chiude verso terra a causa di un guasto d'isolamento (Id). Una corrente di fuga verso terra è una corrente che fluisce dalle parti attive dell'impianto verso terra, senza alcun guasto d'isolamento (If).

Un Dispositivo a corrente Differenziale Residua (DDR) definito dalla norma IEC 60755 è destinato a rilevare le correnti di fuga o di guasto che si verificano generalmente a valle del loro punto d'installazione.
I tipi principali di dispositivi differenziali sono:
- gli interruttori di manovra-sezionatori differenziali,
- gli interruttori automatici differenziali,
- i relè differenziali non integrati nel dispositivo di manovra.

SOCOMEC, costruttore specializzato, propone una gamma completa di relè differenziali, in grado di adattarsi a ogni possibile esigenza.
I relè differenziali hanno due scopi:
- interrompere l'impianto quando sono associati a un dispositivo di manovra a sgancio automatico,
- segnalare una corrente di fuga o di guasto quando sono utilizzati come relè di segnalazione.

Segnalare

Segnalare una corrente di fuga o di guasto a terra che resta però a un livello tale da autorizzare un'azione di manutenzione preventiva.
La segnalazione differenziale è costituita:
- da un toroide che circonda i conduttori attivi del circuito da monitorare, che individua la corrente residua quando la somma delle correnti nelle linee non è più nulla,
- da un dispositivo di analisi e di misura della corrente differenziale che, tramite i suoi LED d'allarme, i suoi relè di uscita o la sua uscita digitale, avvisa gli operatori.

Alcune applicazioni possono richiedere entrambe le funzioni - aprire e segnalare - contemporaneamente.

Interrompere l'impianto

Una protezione differenziale è costituita in questo caso:
- da un toroide che circonda i conduttori attivi del circuito da proteggere, che individua la corrente residua quando la somma delle correnti nelle linee non è più nulla,
- da un dispositivo di analisi e di misura della corrente differenziale che lancia il segnale d'allarme,
- da un dispositivo di manovra dell'alimentazione azionato dal relè d'allarme.

Quando si presenta un pericolo (scarica elettrica, incendio, esplosione, guasto di una macchina, ecc.), l'apertura automatica dell'alimentazione assicura una o più funzioni seguenti:
- la protezione dai contatti indiretti,
- la limitazione delle correnti di fuga,
- la protezione supplementare dai contatti diretti,
- la salvaguardia delle attrezzature o della produzione,
- ecc.

I relè differenziali possono essere associati, a certe condizioni, a contattori, interruttori automatici o interruttori e interruttori con fusibili con bobina di sgancio della gamma SIDERMAT, FUSOMAT e INOSYS LBS della SOCOMEC.

Definizioni

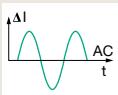
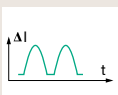
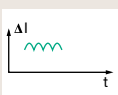
Corrente differenziale IΔn

La corrente differenziale, indicata con IΔn, è il valore massimo di corrente differenziale che provoca il funzionamento del dispositivo di rilevazione. Il suo valore esprime comunemente la sensibilità o la regolazione del DDR o Dispositivo a corrente Differenziale Residua (esempio: DDR 30 mA). Un DDR può, dal punto di vista delle norme dei prodotti differenziali, scattare a partire da un valore pari a metà della corrente differenziale impostata.

Gli apparecchi SOCOMEC, grazie alla misura in RMS, possono tollerare correnti che giungono al 80 % (in classe AC) della corrente differenziale residua. Questa precisione consente correnti di fuga superiori per uno stesso livello di protezione, permettendo in questo modo una migliore selettività.

I valori di corrente IΔn sono classificati secondo tre classi di sensibilità:

Sensibilità	Regolazioni IΔn
Bassa sensibilità	30 A
	10 A
	5 A
	3 A
Media Sensibilità	**1 A**
	500 mA
	300 mA
	100 mA
Alta sensibilità	≤ 30 mA

Tempo di apertura

La norma IEC 60755 propone i seguenti valori preferenziali di durata massima di apertura, espressa in secondi, per i dispositivi differenziali destinati alla protezione dalle scariche elettriche contro i contatti indiretti:

Classe	In (A)	Valore durata di apertura		
		IΔn s	2 IΔn s	5 IΔn s
TA	qualsiasi valore	2	0,2	0,04
TB	solo ≥ 40 A	5	0,3	0,15

La classe TB tiene conto dell'associazione di un relè differenziale con un apparecchio di apertura separato da esso. Per la protezione dai contatti indiretti, la norma d'installazione IEC 60364 ammette un tempo di apertura pari al massimo a 1 s per un circuito di distribuzione, senza tenere conto della tensione di contatto se si ritiene necessaria una selettività. In distribuzione terminale, i dispositivi differenziali utilizzati per la protezione delle persone devono essere di tipo istantaneo.

Classi dei relè differenziali

La norma IEC 60755 definisce tre tipi di DDR in funzione del tipo di rete:

Classi dei relè differenziali	Simbolo	Esempio di corrente di guasto	
Tipo AC	∿	ΔI / AC / t	L'apparecchio assicura lo scatto in presenza di correnti differenziali residue, alternate sinusoidali.
Tipo A		ΔI / t	L'apparecchio assicura lo scatto in presenza di correnti differenziali residue, alternate sinusoidali o di correnti differenziali residue continue a impulsi, la cui componente continua sia inferiore a 6 mA in un intervallo di tempo di almeno 150° alla frequenza assegnata.
Tipo B		ΔI / t	L'apparecchio assicura lo scatto in presenza di correnti differenziali identiche a quelle degli apparecchi di classe A, ma anche per correnti differenziali provenienti da circuiti raddrizzatori: - semplice semionda con carico capacitivo che produce una corrente continua - trifase a semplice o doppia semionda - monofase a doppia semionda - dispositivi che caricano una batteria di accumulatori.

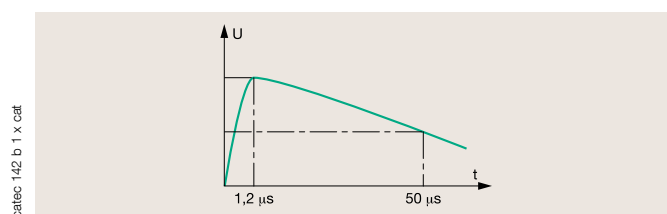
Definizioni (seguito)

Compatibilità elettromagnetica (EMC)

I DDR scattano talvolta per ragioni diverse dalla presenza di un guasto d'isolamento. Le cause possono essere diverse: temporali, manovra di apparecchi ad alta tensione, correnti di corto circuito, avviamento di motori, accensione di tubi fluorescenti, chiusure su carichi capacitivi, campi elettromagnetici, scariche elettrostatiche.

I DDR che offrono una sufficiente immunità da tali perturbazioni sono contrassegnati con il simbolo:

Secondo le norme IEC 60364, i DDR devono essere scelti in maniera tale da limitare i rischi di scatti intempestivi dovuti alle perturbazioni CEM. Perciò, i prodotti della gamma RESYS SOCOMEC presentano un'immunità rinforzata contro le perturbazioni.

Le alimentazioni ausiliarie dei relè differenziali SOCOMEC, fortemente filtrate, evitano gli scatti intempestivi o le distruzioni dei dispositivi in caso di sovratensioni originate da fulmini o manovre ad alta tensione (figura a fianco).

Il principio della misura per campionatura digitale del segnale differenziale e la scelta dei materiali dei toroidi assicurano una buona tenuta dei relè differenziali in caso di passaggio di una corrente transitoria, prodotta in occasione della chiusura di circuiti fortemente capacitivi (Fig. a) o di un innesco in caso di guasto di rigidità dielettrica in seguito a una sovratensione (Fig. b).

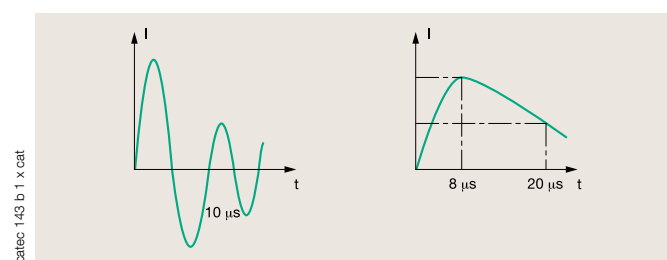



Fig. a. *Fig.b.*

Applicazioni

Protezione di un impianto

Selettività totale (selettività verticale)

La selettività ha lo scopo di eliminare la corrente di guasto solo nella parte dell'impianto in cui si trova il guasto. Affinché ciò avvenga, occorre che siano verificate entrambi le due condizioni seguenti:

1. Il tempo di funzionamento del DDR a valle (t_{fB} fig. 2) deve essere inferiore al tempo di non funzionamento del dispositivo a monte (tnf A). Una semplice soluzione per rispettare questa condizione consiste nell'utilizzo di DDR di classe S (ritardo regolabile). Il ritardo del DDR a monte dovrà essere superiore al ritardo del DDR a valle (Fig. 1).

2. La sensibilita del DDR a valle IΔn B deve essere inferiore alla metà della sensibilità del DDR a monte IΔn A (vedere fig. 1 e 2).

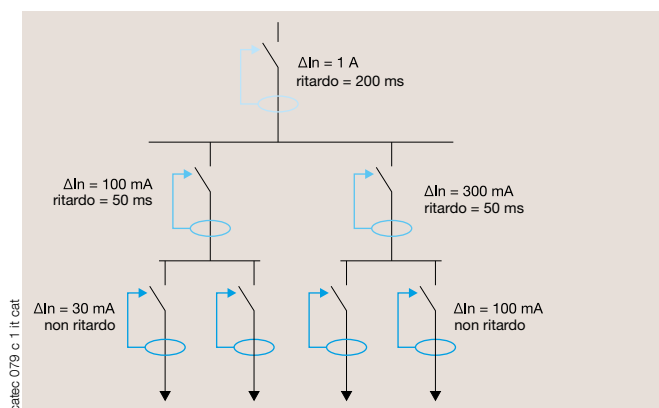



Fig. 1.

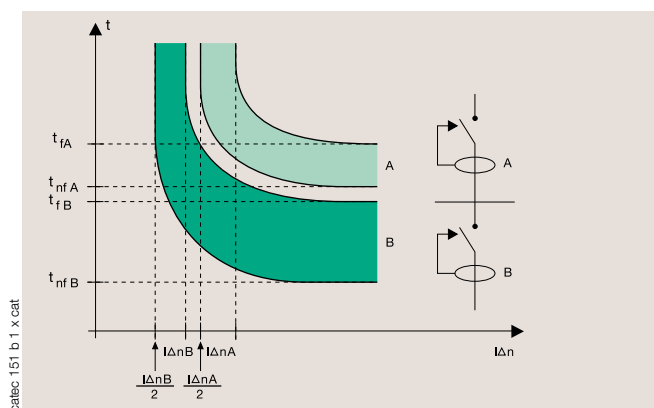
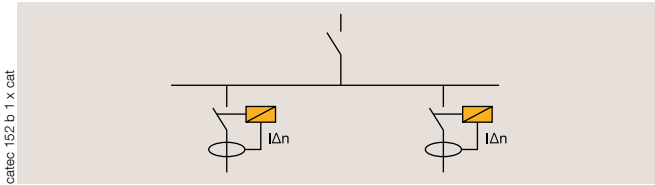



Fig.2.

Applicazione (seguito)

Protezione di un impianto (seguito)

Selettività orizzontale

In una rete di distribuzione di tipo TT, non è obbligatorio porre un dispositivo differenziale generale (IΔn) a monte delle singole partenze protette da un DDR, a patto che l'insieme dell'impianto fino ai morsetti a monte di questi ultimi soddisfi le disposizioni relative alla classe II o abbia previsto un isolamento supplementare al momento dell'installazione.

Protezione dei motori

Un guasto d'isolamento presente nell'avvolgimento di un motore produrrà effetti classificabili in due livelli:

- distruzione dell'avvolgimento: il motore può essere riparato,
- distruzione del circuito magnetico: il motore è distrutto.

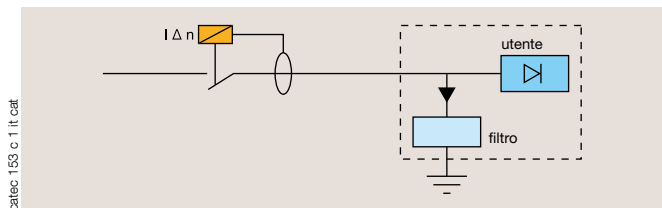
L'installazione di un dispositivo differenziale che limita la corrente di guasto a valori inferiori al 5 % di I_n impedisce la perforazione dei circuiti magnetici e protegge il motore. Dato che alcuni grossi motori possono presentare uno squilibrio delle correnti di fase o correnti di fuga in fase di avviamento, a certe condizioni è ammessa l'eventuale neutralizzazione temporanea del relè differenziale in questa fase.

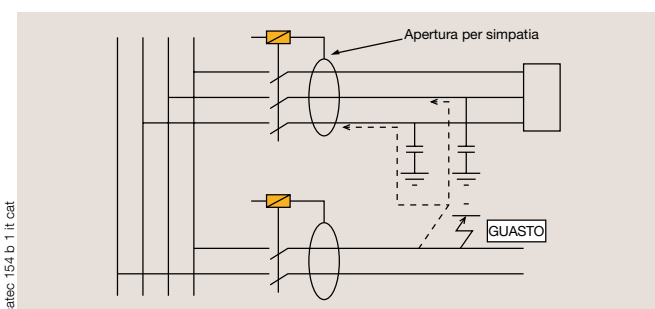
Corrente di fuga delle apparecchiature

Gli apparecchi di elaborazione delle informazioni, secondo le norme EN e IEC 60950, possono essere fonti di corrente di fuga a causa dei particolari dispositivi di filtraggio ad essi associati.

Sono ammesse correnti di fuga capacitive di 3,5 mA per circuiti con prese di corrente e del 5 % (a certe condizioni) per i circuiti di installazioni fisse.

La norma EN 50178 per le Attrezzature Elettroniche (EE) utilizzate negli impianti di potenza ammette correnti di fuga massime di 3,5 mA AC e di 10 mA DC per una singola EE.

In caso di superamento di tali valori, occorre adottare ulteriori accorgimenti quali, per esempio, il raddoppio del conduttore di protezione, l'apertura dell'alimentazione in caso di rottura del PE, l'installazione di un trasformatore di isolamento, ecc.

Collegamento dei CPI (caso generale).

Effetto di "simpatia"

Una soluzione per limitare questo effetto è la temporizzazione degli apparecchi differenziali.

Un guasto d'isolamento di valore rilevante che interessa una singola partenza può tuttavia richiudersi per effetto delle capacità di fuga su un'altra partenza e provocare lo scatto di quest'ultima senza che ci sia stato alcun degrado dell'isolamento del circuito interessato.

Questo fenomeno è particolarmente frequente sulle partenze caratterizzate da capacità di fuga potenzialmente rilevanti o se il guasto si presenta su una linea molto lunga.

Applicazione (seguito)

Protezione contro gli incendi

Il paragrafo 422.1.7 della norme IEC 60364 prevedono l'impiego di DDR con IΔn ≤ 300 mA per proteggere i locali che presentano rischi d'incendio.

Posizione a rischio di esplosione

Con schema TT o TN la norma IEC 60364 stipula una protezione delle canalizzazioni con DDR 300 mA nei locali a rischio di esplosione di tipo BE3.

Pannelli a riscaldamento

Gli elementi a riscaldamento devono essere protetti con DDR con Idn < o = 500 mA in maniera da evitare la distruzione dei rivestimenti metallici (IEC 60364).

Sorveglianza delle correnti differenziali

Sistemi di localizzazione dei guasti residuali

La resistenza di isolamento è un fattore importante, per non dire determinante, per il funzionamento e la sicurezza di utilizzo di un'installazione elettrica. Rappresenta, in effetti, una priorità assoluta nelle misure di sicurezza raccomandate nell'ambito elettrico. Diversi studi hanno dimostrato che circa il 90 % dei guasti di isolamento sono guasti a lungo termine, soltanto il 10 % dei guasti si risolvono rapidamente. I dispositivi di sicurezza solitamente utilizzati, come gli interruttori automatici differenziali, prendono in considerazione solo questo 10 %, allorché nessuna misura preventiva è presa per i guasti che evolvono lentamente.

Le cause di deterioramento del livello d'isolamento sono fattori come : l'umidità, l'invecchiamento, lo sporco, gli effetti climatici.
L'elenco delle conseguenze potenziali dei guasti d'isolamento è molto lungo e le loro gravità diverse : possono essere semplicemente fastidiose, ma anche pericolose :

- interruzione intempestiva dell'impianto, interruzione del processo di produzione importante,
- comandi erronei dopo diversi guasti d'isolamento. L'apparizione simultanea di due guasti d'isolamento può simulare il segnale di un dispositivo di comando. I PLC programmabili o i relè sono ad esempio molto sensibili e rispondono a correnti anche molto basse,
- rischio di incendio dovuto a dissipazioni di potenza dopo guasti d'isolamento fortemente resistivi : una dissipazione di 60 W a seguito del guasto è un valore già considerato come pericoloso che può portare a rischi di incendio,
- ricerca lunga e faticosa del guasto d'isolamento, in particolare quando esso è composto da diversi guasti minori,
- le correnti differenziali basse, per colpa di guasti d'isolamento di forte impedenza, non sono rilevate. Ne risulta una diminuzione progressiva della resistenza d'isolamento.

In ogni caso, i guasti d'isolamento diventano costi. Alcune ricerche hanno dimostrato che la frequenza dei guasti è crescente tra la sorgente di alimentazione, la rete di distribuzione principale e le distribuzioni secondarie, fino alle utenze connesse.
Ecco perché le norme attuali esigono un controllo regolare della resistenza d'isolamento. Però questi controlli regolari rimangono sporadici e non escludono per niente l'apparizione eventuale di guasti.
Le progettazioni moderne integrano il concetto di manutenzione pianificata e preventiva. Esso necessita di una sorveglianza intelligente e permanente del livello d'isolamento. Costituisce l'unico modo preventivo di protezione contro i guasti d'isolamento.

Il sistema di ricerca di correnti differenziali DLRD 460 è stato concepito per questo scopo. Utilizzati come dispositivi di segnalazione – e non di interruzione – per sistemi TNS e TT (rete collegata a terra), completano i dispositivi classici di protezione contro le correnti differenziali.
Il sistema DLRD 460 sorveglia in maniera selettiva le diverse partenze di una rete. La soglia d'allarme della corrente differenziale è configurabile individualmente per ogni partenza. Inoltre, l'utente può configurare un soglia di segnalazione (pre-allarme). Il sistema segnala immediatamente qualsiasi superamento del valore pre-regolato. Tali dispositivi permettono:

- la manutenzione preventiva tramite rivelazione rapida (simultanea su 12 partenze per scatola) dei guasti di qualsiasi origine (misura delle correnti di tipo AC, A e B),
- una segnalazione senza interruzione : nessun interruzione dei processi,
- la riduzione dei costi tramite una localizzazione rapida dei guasti,
- l'informazione e l'utilizzazione centralizzate tramite comunicazione Profibus DP, Modbus, TCP/IP (via gateway dedicato),
- un'estensione in funzione delle evoluzioni del vostro impianto (fino a 1080 partenze).

Protezione differenziale

Installazione

Ogni impianto presenta una corrente di fuga a terra dovuta essenzialmente alle fughe capacitive dei conduttori e ai condensatori di filtro degli azionamenti o per la compatibilità elettromagnetica (CEM), per esempio degli apparecchi di classe I.

La somma di queste correnti di fuga può fare scattare alcuni DDR di elevata sensibilità. Lo scatto è possibile a partire da IΔn/2 (IΔn x 0,80 per gli apparecchi SOCOMEC RESYS M e P), senza che l'incolumità delle persone sia compromessa.

Le correnti di fuga possono essere limitate con:

- l'utilizzo di apparecchi di classe II
- trasformatori di separazione,
- limitazione del numero di utilizzatori protetti da uno stesso DDR.

Miglioramento della funzionalità dei DDR

Installazione all'origine dell'impianto TT

All'origine dell'installazione TT (e solo in questo caso), è possibile sostituire il toroide di rilevamento posto intorno ai conduttori attivi con un toroide unico, posto sul conduttore che collega il neutro del trasformatore ad alta, media e bassa tensione alla terra. Questo schema di collegamento permette di aumentare l'immunità dalle perturbazioni e presenta inoltre il vantaggio di essere più economico.

Trasformatore in alta, media e bassa tensione

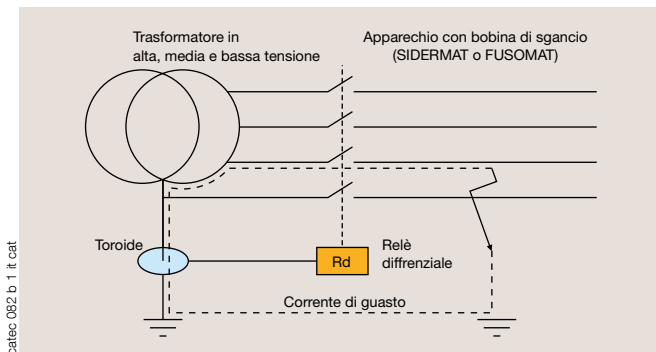
Apparecchio con bobina di sgancio (SIDERMAT o FUSOMAT)

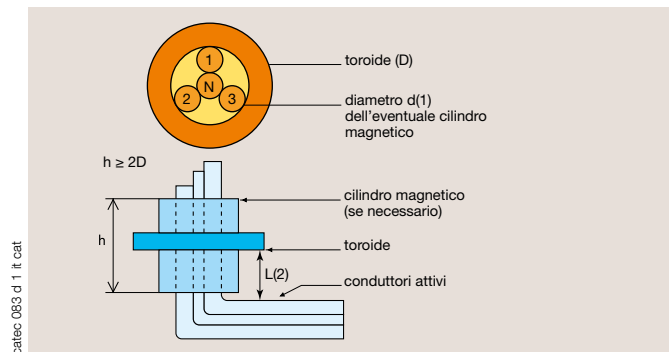
Toroide

Rd

Relè diffrenziale

Corrente di guasto

catec 082 b 1 it cat

Aumento dell'immunità di un toroide dalle perturbazioni con:

- la disposizione simmetrica dei conduttori di fase intorno al conduttore di neutro,
- l'utilizzo di un toroide di diametro pari ad almeno 2 volte il diametro del cerchio formato dai conduttori: D ≥ 2d,
- l'eventuale aggiunta di un cilindro magnetico di altezza pari ad almeno 2D.

(1) d = il centraggio dei cavi in un toroide evita la saturazione locale del toroide stesso. Un toroide saturo causa scatti intempestivi.

(2) L = distanza tra il toroide e la curva dei cavi.

Indicazione delle condizioni di test dei dispositivi differenziali

Occorre prevedere una marcatura aggiuntiva che indichi all'utilizzatore la necessità di effettuare regolarmente il test (si raccomanda una periodicità tra i 3 e i 6 mesi).

Scelta del dispositivo differenziale in funzione della natura della protezione da assicurare

La norma IEC 60364 raccomanda una scelta seconda la natura della protezione da assicurare:

- protezione contro i contatti indiretti (sensibilità da scegliere in funzione delle tensioni di contatti ammissibili),
- protezione complementare contro i contatti diretti (IΔn 30 mA),
- protezione contro i rischi di incendio IΔn (300 mA).

Scelta del dispositivo differenziale in regime IT

La norma IEC 60364

Per evitare sganci intempestivi dei DDR di protezione contro i contatti indiretti, per i DDR di media sensibilità, il valore della corrente differenziale residua assegnata dell'apparecchio (IΔn) deve essere superiore al doppio del valore della corrente di fuga (If) che circola durante un primo guasto **IΔn > 2 x If.**

Installazione (seguito)

Scelta del dispositivo differenziale secondo i principi dell'alimentazione ausiliaria

Secondo la norma IEC 60364, il livello di competenza degli utilizzatori e la destinazione dell'impianto devono orientare la scelta dei dispositivi di protezione differenziali secondo il tipo di funzionamento legato al principio d'alimentazione.

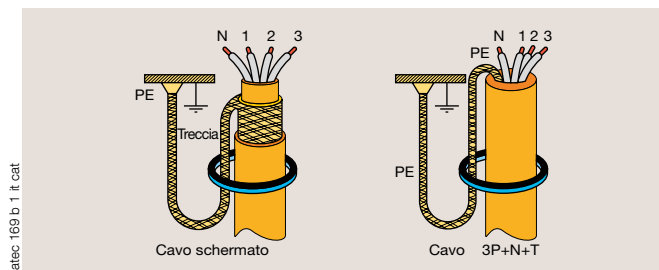
Natura del dispositivo differenziale	Scelta possibile in funzione del tipo d'installazione	
	Personale inesperto (BA1)	Testate e verificate da personale almeno esperto (BA4)
A alimentazione ausiliaria indipendente dalla rete	NO	SI
A funzionamento indipendente dalla tensione di rete	SI	SI
A funzionamento dipendente dalla tensione di rete o da qualsiasi fonte ausiliaria a sicurezza positiva	NO	SI
A funzionamento dipendente dalla tensione di rete privo di sicurezza positiva	NO	SI tranne circuiti PC 16 A
A funzionamento dipendente dalla tensione di una fonte ausiliaria priva di sicurezza positiva	NO	SI tranne circuiti PC 16 A e segnalazione di guasti di fonte ausiliaria.

Nota: un trasformatore collegato alla rete non costituisce un'alimentazione ausiliaria indipendente dalla rete.

Caratteristiche di un dispositivo differenziale a alimentazione ausiliaria

- Monitoraggio indipendente dalla tensione del circuito sorvegliato
- Adatto alle reti con fluttuazioni notevoli e rapide
- Monitoraggio indipendente dalla corrente di carico (picchi non equilibrati di correnti, accoppiamento di carichi induttivi)
- Migliore immunità dallo scatto in caso di guasti transitori (tempo d'integrazione nell'ordine dei 30 ns, mentre un apparecchio corrente propria rischia di scattare in alcuni ms).

Precauzioni per l'installazione di toroidi su cavi schermati

Cavo schermato: isolare elettricamente l'armatura di raccordo e collegarla alla terra.

Scelta della classe dei differenziali in funzione dei carichi

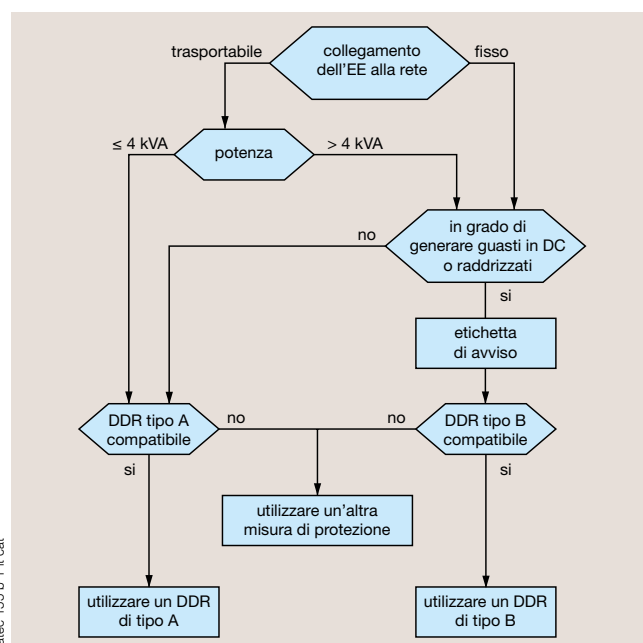
Gli impianti sono dotati in misura sempre maggiore di dispositivi raddrizzatori (diodi, tiristori, ecc.). Le correnti verso terra a valle di tali dispositivi generano una componente continua che può desensibilizzare i DDR.

Gli apparecchi differenziali devono essere di classe adatta ai carichi (vedi capitolo della definizione delle classi).

La norma EN 50178 prescrive il seguente diagramma, che definisce le esigenze insorgenti in occasione dell'utilizzo di un EE dietro un dispositivo differenziale (EE: equipaggiamento elettronico).

Gli EE trasportabili la cui potenza apparente d'ingresso non eccede i 4 kVA, devono essere compatibili per progetto con i DDR di tipo A (protezione contro i contatti diretti e indiretti).

Gli EE che rischiano di generare una componente continua della corrente di guasto, con il pericolo di ostacolare il funzionamento delle protezioni differenziali, devono essere obbligatoriamente accompagnati da un'etichetta di avvertimento.

Quando i DDR non sono compatibili con gli EE da proteggere, occorre adottare altre misure di protezione, quali per esempio: separare l'EE dal suo ambiente tramite isolamento doppio o rinforzato, o isolare l'EE dalla rete per mezzo di un trasformatore, ecc.

Installazione (seguito)

Scelta della classe dei differenziali in funzione dei carichi (seguito)

La norma EN 61800-5-1 porpone una scelta della classe di DDR in funzione dell'elettronica interna del carico.

	Classe richiesta	Montaggio	Correndo di rete normale	Correndo ha la Terra di difetto
1	≥ A	Monofase L N PE	t	t
2	B	Monofase con miraggio L N PE	t	t
3	B	Monofase a stella trifase L1 L2 L3 N PE	t	t
4	≥ A	Ponte raddrizzatore a doppia alternanza L N PE	t	t
5	≥ A	Ponte raddrizzatore misto a doppia alternanza L N PE	t	t
6	B	Ponte raddrizzatore misto a doppia alternanza tra fasi L1 L2 N PE	t	t
7	B	Ponte raddrizzatore trifase L1 L2 L2 PE	t	t
8	≥ AC	Dimmer a comando di fase L N PE	t	t
9	≥ AC	Dimmer a comando per treno d'onda L N PE	t	t

Installazione (seguito)

Carichi "industriali"

Gli apparecchi più diffusi sono di classe AC, la realtà degli impianti industriali giustifica l'uso di apparecchi che siano almeno di classe A.

Carichi di tipo variatori di velocità

Dato che i carichi di questo tipo sono molto instabili, i relè di classe B, indipendenti dalla tensione e dalla corrente, saranno ancora più specificamente adatti a prevenire i rischi di azionamento intempestivo.

Raggruppamento delle utenze in funzione del tipo di carico

Gli impianti devono raggruppare i tipi d'apparecchi che provocano guasti identici.
I carichi eventualmente capaci di generare componenti continue non dovranno essere collegati a valle dei dispositivi destinati alla protezione dei carichi che generano, in caso di guasto, solo componenti alternate o a impulsi raddrizzati.

Segnalazione o preallarme di una fuga o di un guasto

Negli impianti in cui la continuità di funzionamento è imperativa e la sicurezza di beni e persone è particolarmente esposta, i guasti d'isolamento costituiscono un rischio serio al quale occorre dedicare la massima attenzione.

Questa funzione di segnalazione può essere garantita in due fasi:

1. l'apertura automatica dell'alimentazione per obblighi di protezione (protezione dai contatti diretti e indiretti o limitazione della corrente di fuga) è assicurata da dispositivi differenziali, la funzione di segnalazione può essere fornita dai relè di preallarme incorporati in certi relè differenziali. Questi prodotti con preallarme rispondono alla raccomandazione del § 531.2.1.3 che richiede la limitazione della somma delle correnti di fuga presunte a un terzo della corrente di funzionamento.

2. l'apertura automatica dell'alimentazione per obblighi di protezione (protezione dai contatti diretti e indiretti o limitazione della corrente di fuga) è assicurata da altri dispositivi, quali per esempio i dispositivi di protezione dalle sovracorrenti. Il contatto d'allarme dei relè può in tal caso essere utilizzato unicamente per segnalare una corrente differenziale.

La segnalazione preventiva dei guasti d'isolamento produce infinite possibilità nell'ottimizzazione di un impianto elettrico:

- anticipare una riparazione di un macchinario prima che il processo sia bloccato per un guasto,
- localizzare guasti d'isolamento in regime di neutro TN-S,
- prevenire i rischi d'incendio, di esplosione, ecc.,
- anticipare il funzionamento di un apparecchio di protezione contro le sovracorrenti ed evitare in questo modo la sostituzione del fusibile o l'invecchiamento dell'interruttore automatico,
- avere il controllo sulle correnti di fuga, riducendo in tal modo le correnti omopolari nei circuiti di protezione e la generazione di campi elettromagnetici particolarmente perturbativi,
- ecc.

Controllori Permanenti d'Isolamento

Generalità

Introduzione

Le norme IEC 60364 impongono l'utilizzo di un Controllore Permanente d'Isolamento (CPI) in regime IT:
"Si deve prevedere un controllore permanente dell'isolamento che segnali la comparsa di un primo guasto in una parte attiva in corrispondenza della massa o della terra; esso deve azionare un segnale sonoro o un segnale visivo".
Questi CPI devono rispettare la norma IEC NF EN 61557-8.
SOCOMEC offre un'ampia scelta di CPI.
I CPI devono avere dei principi di misura scelti in funzione della natura dei circuiti da sorvegliare:

- quelli che utilizzano una corrente di misura continua in impianti a correnti alternate soltanto (nessuna presenza di raddrizzatori che rischierebbe di creare una componente continua in caso di guasto a valle),
- quelli che utilizzano una corrente di misura alternata in impianti a correnti alternate e continue (presenza di raddrizzatori senza isolamento galvanico a monte).

Alcuni CPI SOCOMEC integrano un dispositivo di misura AMP (detto ad impulsi codificati), che offre una sorveglianza in ogni caso possibile e in particolare per impianti dove le utenze generano delle componenti che possono inibire i segnali di misura dei CPI. Queste utenze sono ad esempio i variatori di velocità, o qualsiasi altra apparecchiatura con un'alimentazione elettronica di potenza.

Principio di funzionamento

Nella maggior parte dei casi i CPI immettono una corrente di misura nel circuito formato dai conduttori attivi e la terra (Fig. 1).
Un aumento della corrente di misura significa un abbassamento dell'isolamento del circuito. La corrente di misura è confrontata con la soglia di allarme dei CPI.
Il buon funzionamento dei CPI non richiede una corrente di misura elevata.
L'impedenza di 1 kΩ tradizionalmente aggiunta tra il circuito da monitorare e la terra (neutro a impedenza) è praticamente inutile con i CPI SOCOMEC.

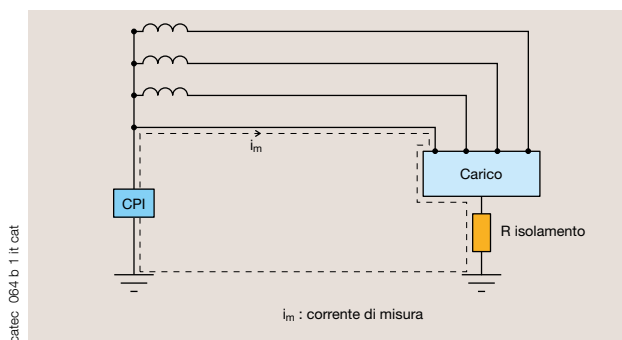



Fig. 1: misura della resistenza d'isolamento di un impianto con un CPI.

Impostazioni

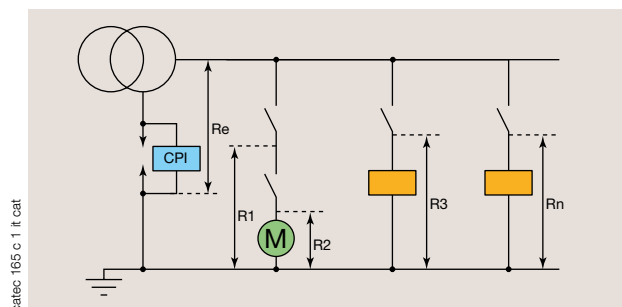
La norma propone una soglia di pre allarme regolata a 50 % dell'isolamento dell'impianto e una soglia di allarme di almeno 1 kΩ.
La scelta di soglie d'isolamento più elevate significa però una migliore gestione della continuità di servizio.
Questa scelta di regolazioni più adatte permette:

- di anticipare la ricerca di guasti a partire da diverse decine di kΩ e di garantire una migliore gestione in prevenzione dei guasti,
- di limitare la circolazione delle correnti di fuga che possono provocare lo sgancio di differenziali ad alta sensibilità.

In occasione dell'installazione di un CPI in un impianto, occorre tenere in conto che questo apparecchio misurerà l'isolamento complessivo dell'impianto, ossia la somma delle resistenze di fuga individuale di ciascuna partenza.

$$\frac{1}{Re} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{Rn} \quad (R1, R2, Rn \geq 0{,}5\ M\Omega)$$

Osservazione: il CPI può indicare un calo di resistenza d'isolamento senza che vi sia un vero guasto (per esempio dovuta alla presenza di umidità dopo un fuori servizio prolungato). L'avviamento dell'impianto permetterà di far risalire il livello d'isolamento.

socomec
Innovative Power Solutions

Definizioni

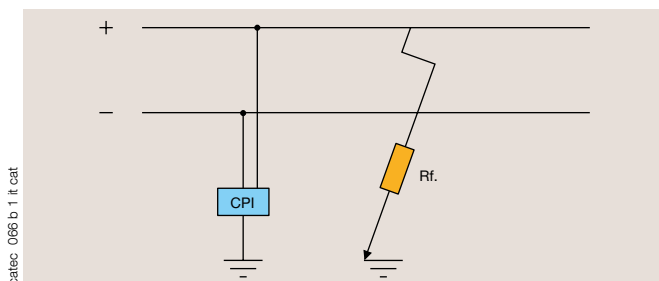
Rete isolata

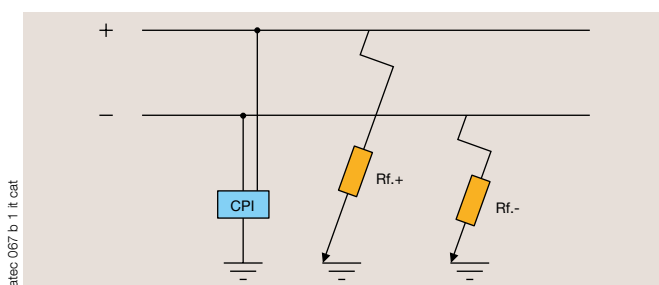
Una rete isolata si caratterizza per:
- un unico utilizzatore o utilizzatore dello stesso tipo (motori, illuminazione di sicurezza, ecc.)
- un circuito poco esteso (piccola capacità di fuga) e ben localizzato (officina, blocco operatorio, ecc.)
- un circuito ben definito (solo carichi AC o DC).

Rete globale

Una rete globale presenta invece una notevole varietà di utilizzatori e di raddrizzatori (presenza di correnti alternate e continue). La rete è spesso una rete estesa (elevata capacità di fuga).

Guasto asimmetrico (rete DC)

Un guasto asimmetrico influisce su una sola polarità della rete.

Guasto simmetrico (rete DC)

Un guasto simmetrico influisce sulle due polarità della rete. Questo tipo di guasto si sviluppa spesso in un circuito nel quale le rispettive lunghezze dei conduttori + e – sono simili.
Le norme IEC 61557-8 e EN 61557-8 impongono dalla fine del 1997 che i circuiti DC siano monitorati da CPI capaci di individuare i guasti simmetrici.

Resistenza d'isolamento dell'impianto elettrico

La resistenza d'isolamento è il livello d'isolamento dell'impianto rispetto alla terra. Deve essere regolarmente misurato dagli enti di controllo e deve essere superiore ai valori della norma IEC 60364.

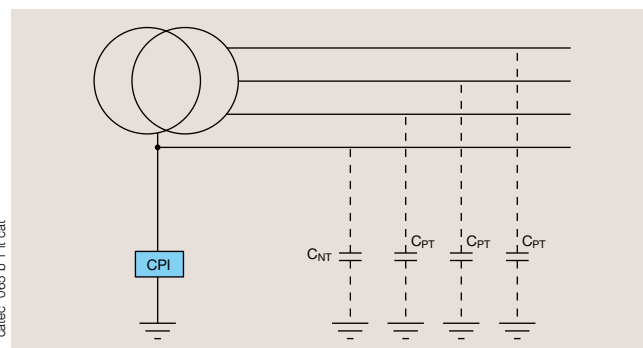
Tabella A: valori minimi della resistenza d'isolamento (IEC 60364) fuori tensione

Tensione nominale della rete (V)	Tensione di prova in corrente continua (V)	Resistenza d'isolamento (mΩ)
SELV e PELV	250	≥ 0,25
≤ 500 V	500	≥ 0,5
> 500 V	1 000	≥ 1,0

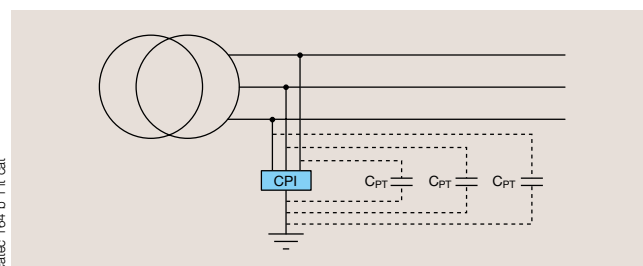
Isolamento degli utilizzatori

- Rf Motore > 0,5 MΩ
- Rf > x MΩ secondo la norma per il prodotto.

Capacità di fuga di un conduttore rispetto alla terra

Quando due conduttori sono sottoposti a una differenza di potenziale (tensione), essi presentano un effetto capacitivo tra loro, che dipende dalla loro forma geometrica (lunghezza, forma), dall'isolante (aria, PVC, ecc.) e dalla distanza che li separa.
Questa proprietà fisica provoca il formarsi di una corrente di fuga capacitiva tra i conduttori di una rete e la terra. Questa corrente è tanto più grande quanto più la rete è estesa.

Capacità di fuga alla terra di una rete alternata.

Capacità massima di fuga

È la somma della capacità di fuga in corrispondenza della terra di una rete e della capacità dei condensatori installati nei materiali elettronici, informatici, ecc
La capacità massima di fuga è un parametro importante per la scelta di un CPI. Da notare che la capacità globale di fuga è notevolmente aumentata dai filtri CEM.

Casi di utilizzo

Locali destinati ad uso medicale CPI HL

Questi locali hanno bisogno di disposizioni particolarmente rigorose, legate alla continuità di utilizzo della rete elettrica e alla protezione dei pazienti e degli utilizzatori delle apparecchiature mediche.

La norma CEI 64-8 parte 710

Questa norma descrive le prescrizioni destinate ad assicurare la sicurezza elettrica delle persone nei locali ad uso medicale, tenendo conto dei rischi particolari dovuti alle attività effettuate e delle raccomandazioni relative all'alimentazione elettrico di questi locali.

Applicabilità

Le disposizioni di questa norma sono applicabili per le realizzazioni di cui la data del permesso di costruzione è posteriore al 31 gennaio 2007.

Lo schema IT medicale

La norma definisce la messa in opera di livelli di criticità di alcune attività medicali, con – per corollario – la classifica dei locali in gruppo 0, 1 e 2. In seguito alla scelta del responsabile di classificare alcuni gruppi del locale 2, la distribuzione elettrica sarà realizzata secondo le regole del regime IT.

Locali direttamente concernati

- Sala di intervento,
- Posto di rianimazione,
- Imaging di assistenza.

Le conseguenze dello schema IT medicale

- **Utilizzo di un trasformatore d'isolamento** conforme alla norma NF EN 61558-2-15 con una potenza limitata a 10 kVA massimo. Di solito di tipo monofase 230 VAC, la sua tensione concatenata non deve superare 250 V in caso di secondario trifase.
- I trasformatori **ISOM TRM** realizzano questa separazione tra la rete di distribuzione generale dell'edificio ospedaliero e la distribuzione elettrica dedicata ai locali dove la sicurezza del paziente non deve essere compromessa in caso di guasto d'isolamento.
- **Utilizzo di un CPI specialmente previsto** con le caratteristiche seguenti:
  - resistenza interna AC ≥ 100 kΩ,
  - tensione di misura ≤ 25 VDC,
  - corrente di misura ≤ 1 mA,
  - adattamento del principio di misura alla natura delle utenze, particolarmente in caso di presenza di componenti continue (carichi elettronici),
  - regolazioni del CPI 150 kΩ.

E' particolarmente importante di scegliere dei CPI funzionando secondo il principio di misura ad impulsi codificati. Essi garantiscono una misura ottimale, specialmente nelle sale di intervento di solito sprovviste di trasformatore a separazione galvanica.

- **Sorveglianza obbligatoria dei sovraccarichi** e degli **aumenti di temperatura** del trasformatore.
  Il CPI ISOM HL integra degli ingressi corrente e temperatura permettendo di segnalare – così come l'allarme collegata ad una diminuzione d'isolamento – un sovraccarico e un surriscaldamento del trasformatore d'isolamento. Le informazioni sono disponibili sul bus RS485 in uscita del CPI.
- **Obbligazione di avvertire il personale medicale** con un allarme sonoro e visuale, e di portare questo allarme in un posto sorvegliato permanentemente. I rinvii d'allarme **ISOM RA** permettono di recuperare le informazioni date dal CPI HL (guasto d'isolamento, sovraccarico e surriscaldamento trasformatore) e di portare queste informazioni in modo chiaro e leggibile a livello della sala d'intervento. Possono anche essere portati alla sala tecnica di sorveglianza (comunicazione tramite bus RS485).

Altre soluzioni associate

In regime IT, la norma IEC 60364 raccomanda fortemente l'associazione di un sistema di localizzazione del guasto al CPI. Questa logica si applica anche al regime IT medicale, concetto accentuato visto l'urgenza e il contesto critico delle sale ad uso medicale e degli interventi che vi sono effettuati.

Il sistema di localizzazione del guasto **ISOM DLD** associato ad un iniettore dedicato allo schema IT medicale **ISOM INJ** con corrente misurata limitata a 1 mA garantiscono una localizzazione rapida della partenza in stato di guasto.

SOCOMEC propone anche la fornitura di armadi dedicati alla distribuzione elettrica nei locali ad uso medicale. L'offerta comprende l'analisi completa, la realizzazione, la fornitura dei componenti principali (trasformatori, inverter, sistemi di commutazione, apparecchi di misura, di protezione e cassette) fino alla messa in servizio e la formazione associata.

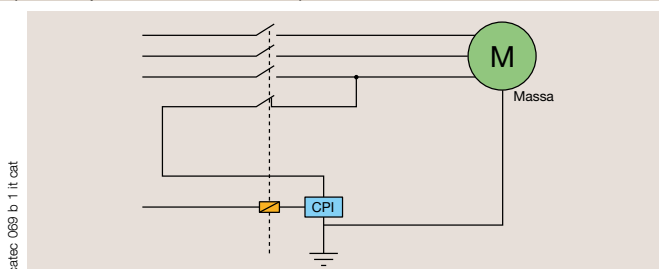
Casi di utilizzo (seguito)

Controllo dell'isolamento dei motori non alimentati (esempio: CPI SP 003)

Il controllo dell'isolamento dei motori non alimentati costituisce una misura preventiva quando le esigenze di sicurezza e di disponibilità dei materiali presentano un carattere obbligatorio:

- cicli critici nei processi industriali
- motori strategici o grandi motori.

In un impianto detto di sicurezza, un CPI deve obbligatoriamente (secondo le norme IEC) assicurare la sorveglianza dell'isolamento del materiale seguente:

- equipaggiamenti di sicurezza: motori di pompa contro gli incendi,
- impianti di aspirazione del fumo.

Principio di montaggio: il CPI è fuori circuito quando il motore è alimentato.

Regolazione del CPI di monitoraggio del motore non alimentato

Il CPI deve segnalare un allarme quando la resistenza d'isolamento scende a un valore inferiore a 1 MΩ.

Il motore non deve più essere utilizzato quando la resistenza d'isolamento è inferiore a 300 kΩ, in questo caso la seconda soglia del CPI di tipo SP può assicurare il sezionamento di prevenzione per evitare di avviare un motore in stato di guasto.

Les CPI di tipo SP sono appositamente studiati per il controllo dell'isolamento fuori tensione o sono anche un mezzo di localizzazione rapida delle correnti di fuga, grazie alla funzione di memorizzazione (esempio: motori di scambi, gru portuali a processo rapido).

Sorveglianza di impianti particolari

- Negli impianti a rischio di esplosione (BE3), seconda la norma IEC 60364, è ammesso di utilizzare un CPI per sorvegliare l'isolamento dei circuiti di sicurezza alimentati tramite cavi di tipo CR1. Questa sorveglianza può essere realizzata sotto o fuori tensione.
- In un cantiere con schema IT secondo il § 704.312.2, la sorveglianza dell'isolamento tramite CPI è un obbligo.
- Per assicurare la protezione contro le correnti di guasto dei dispositi di riscaldamento, l'impedenza del CPI con le caratteristiche dei DDR devono essere scelte per assicurare l'interruzione dopo il primo guasto secondo il § 753.4.1.

Monitoraggio dei variatori di velocità

Il monitoraggio dei variatori di velocità deve tenere conto delle basse frequenze generate da questi ultimi.

Solamente i CPI e i dispositivi di ricerca che seguono i principi di misura che utilizzano segnali codificati o diversi da quelli generati dai variatori possono garantire un funzionamento corretto e affidabile nel tempo.

Gruppi elettrogeni mobili

La protezione dei circuiti alimentati da gruppi generatori mobili è spesso di difficile realizzazione, sia per l'impossibilità di realizzare una presa di terra (gruppi portatili, soccorso d'urgenza, ecc.), sia per l'impossibilità di considerare valida la messa a terra (impossibilità di misurare la resistenza, ecc.).

Spesso questa protezione è assicurata dai DDR da 30 mA che presentano lo svantaggio di scatti intempestivi *(vedere pagina 685)*. Nei casi in cui la continuità di utilizzo è vincolante per ragioni di sicurezza, si può ricorrere all'uso di un CPI (Fig. 1).

Fig. 1: utilizzo di un CPI in un circuito alimentato da un gruppo elettrogeno.

La massa del gruppo non è collegata al punto medio del generatore, ma alla rete formata dalle masse intercollegate degli apparecchi. Il CPI si frappone tra questa massa e una fase. Questo dispositivo soddisfa l'articolo 39 del decreto du 14.11.88 sulla separazione dei circuiti e del capitolo 413.2.3. della norma IEC 60364. Gli apparecchi classici possono essere adatti, a patto che la loro installazione adegui ai vincoli anbientali (vibrazioni, tropicalizzazione, resistenza agli idrocarburi…).

Monitoraggio delle partenze con forti disturbi con DLD

Basse frequenze

Il § 537.3 della norma NF C 15100 raccomanda fortemente l'utilizzo di DLD in maniera tale da localizzare il guasto i minimizzare così il tempo dedicato alla sua ricerca. La norma da considerare da considerare è la EN 61557-9. I DLD SOCOMEC (DLD 460-12) sono compatibili a questa norma. Prevedono un dispositivo di sincronizzazione tramite bus RS485 che permette una localizzazione rapida, anche su reti fortemente disturbate. La localizzazione dei guasti in questo tipo di circuiti è controllata con la sincronizzazione delle immissioni della corrente di ricerca e delle analisi da parte dei localizzatori.

Alte frequenze

Il localizzatore centrale dispone di una funzione di convalida delle misure ripetendo a richiesta i cicli di analisi.

Forti correnti omopolari

I toroidi DLD sono dotati all'origine di diodi livellatori che controllano le eventuali sovratensioni sul circuito secondario.

Casi di utilizzo (seguito)

Reti alimentate da UPS

I sistemi di alimentazione statica senza interruzioni (UPS) richiedono una parte del circuito in "corrente continua". Esiste l'obbligo (UTE C 15402) di raggruppare l'impianto alimentato in corrente continua in un unico locale, per assicurare la protezione con l'equipotenzialità delle masse. Nei casi in cui non sia possibile rispettare questa norma, occorre installare un CPI di controllo dell'isolamento dell'impianto alimentato in corrente continua.

Rete continua
Raddrizzatore
UPS
Batteria
catec 068 b 1 it cat

Altri criteri generali per l'installazione degli UPS

- Fare in modo di non avere mai contemporaneamente due CPI che controllino reti galvanicamente intercollegate (in particolare durante le fasi di BY-PASS).
- Provvedere all'installazione di CPI adatti alla rete controllata.

1. CPI che può controllare circuiti a componenti continue e grandi capacità di fuga.
2. CPI che può controllare circuiti DC con guasti simmetrici.
3. CPI che può controllare circuiti AC nota (a) e (b), dispositivi di servizio che evitano la messa in parallelo di CPI su reti non isolate galvanicamente.

Controllo dei circuiti di comando e segnalazione

Generalmente alimentati da trasformatori di separazione, questi circuiti devono impedire gli scatti intempestivi dei circuiti di potenza. Una soluzione classica, proposta dalle norme e dai regolamenti, è rappresentata dalla realizzazione di una distribuzione in schema TN (punto comune del secondario a terra). Un'altra disposizione che soddisfa questi requisiti è di non collegare a terra il secondario e contemporaneamente installare un CPI.
Questa soluzione previene i rischi di shuntaggio dei dispositivi di comando per guasto d'isolamento. Tale guasto può essere infatti contemporaneamente sufficiente a comandare gli attuatori e troppo debole per fare scattare la protezione contro le sovratensioni.

Questi rischi sono più gravi nelle attrezzature nuove per due ragioni principali:

- le deboli tensioni d'uso non favoriscono la protezione dai guasti,
- le soglie di funzionamento degli ausiliari di comando tendono ad arrivare a poche decine di mA (microrelè, PLC, accoppiatori ottici, ecc.).

Rispetto alla soluzione della messa a terra, l'uso di una rete isolata associata a un CPI presenta il doppio vantaggio di non scattare al primo guasto e di assicurare un controllo preventivo dell'invecchiamento del gruppo.

Regolazione del CPI

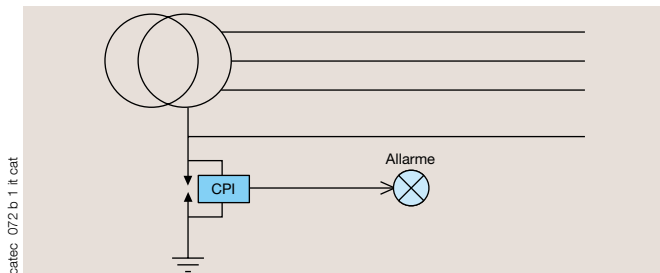
$$Zm = \frac{U}{ir}$$

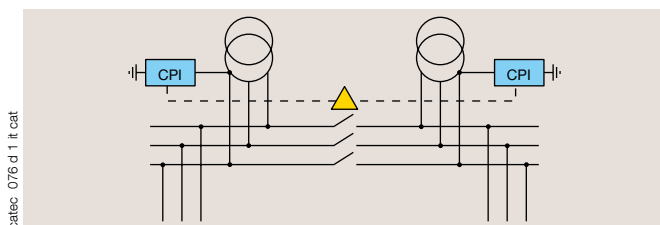
U: Tensione d'alimentazione massima del circuito di comando
ir: Corrente di ricaduta del relè più piccolo.
Zm: Impedenza di regolazione del CPI

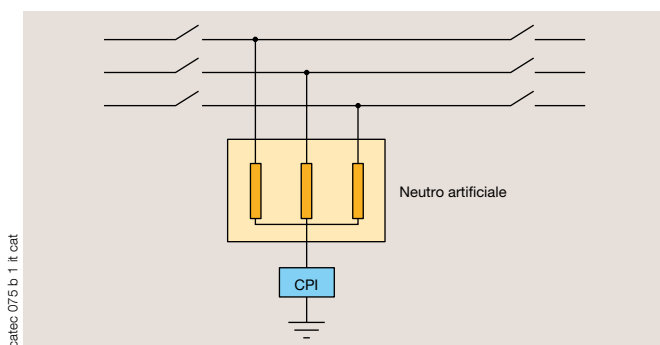
I sistemi di ricerca dei guasti tipo DLD 260 e portatili DLD 3204 permettono di effettuare la localizzazione preventiva dei guasti d'isolamento senza cambiare lo stato dei dispositivi di comando o di funzionamento, grazie a una corrente di ricerca limitata a 1 mA.

Collegamento dei CPI

Caso generale

Il collegamento di un CPI viene di solito realizzato tra il punto neutro del trasformatore situato all'origine dell'impianto IT e la terra.
L'installazione va completata con un dispositivo di allarme e una protezione dalle sovratensioni (se il primario del trasformatore è in alta o media tensione).
L'impiego dei CPI ISOM non richiede un'impedenza da 1 kΩ in parallelo *(vedere principio di funzionamento a pagina 732).*

Alimentazione con più trasformatori in parallelo

L'utilizzo di un CPI comune a due sorgenti non è più ammesso secondo le norme IEC.
E' quindi necessario di installare un CPI per sorgente e di verificare che siano "interbloccati" elettricamente.
I CPI SOCOMEC presentano in questo modo degli ingressi / uscite e / o dei bus (secondo modello) in maniera tale da inibire uno o l'altro dei CPI in questo modo di funzionamento.

Controllo di una rete non alimentata

Utilizzo di un neutro artificiale.

Collegamento e protezione dei circuiti di misura dei CPI

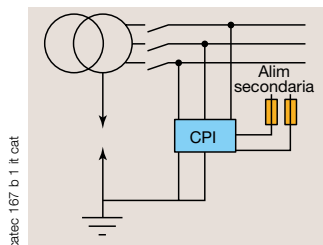



Fig. 1 : collegamento del CPI dopo l'interruttore generale.

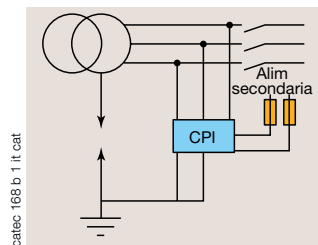
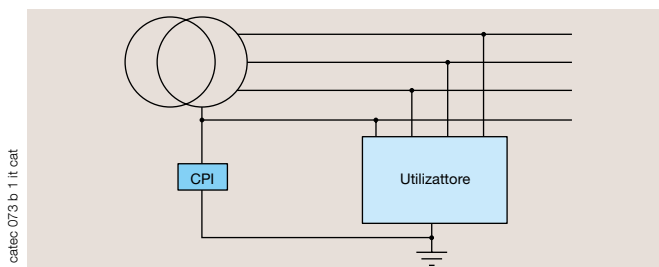



Fig. 2 : collegamento del CPI prima dell'interruttore generale

La protezione dai corto circuiti non è obbligatoria secondo il testo attuale della IEC 60364 per evitare il rischio di mancata misura, ma suppone un'installazione appropriata per evitare i rischi di corto circuiti (i conduttori non devono passare sugli spigoli vivi delle barre e l'isolamento deve essere sovradimensionato).
L'autosorveglianza del collegamento con la rete, di serie nella maggior parte dei CPI SOCOMEC, rende inutile la disposizione precedente.

- L'inserimento del CPI prima dell'interruttore di sezionamento dei trasformatori evita l'installazione di un dispositivo di antiparallelo dei CPI a condizione che i due trasformatori non lavorino in parallelo (Fig. 2).
- L'inserimento del CPI dopo l'interruttore di sezionamento del trasformatore permette la misura preventiva senza l'alimentazione di rete (il segnale di misura è presente sulle fasi senza la necessità dell'inserzione del trasformatore) (Fig. 1).

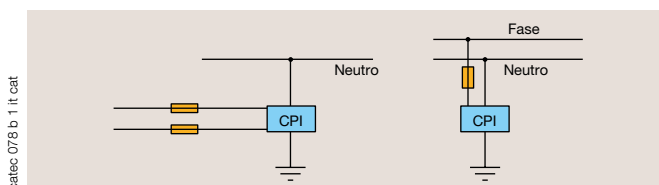
Accessibilità del neutro

In questo caso, il CPI è inserito tra il punto neutro del trasformatore e la più vicina presa di terra delle masse o, in sua assenza, la presa di terra del neutro.

Collegamento dei CPI : terra non accessibile.

Questo tipo di collegamento evita anche l'installazione di protezioni sul conduttore di misura del CPI (data la scarsa probabilità di sovracorrenti di cortocircuito).

Collegamento dell'alimentazione secondaria

Certi CPI sono dotati di una alimentazione secondaria, che permette loro di essere insensibili alle variazioni di tensione.Gli ingressi dell'alimentazione secondaria devono essere protetti :

Limitatore di sovratensione

Generalità

Il limitatore di sovratensione (L.S.) è conforme agli articoli 5 e 34 del decreto del 14.11.88. Serve a scaricare a terra le sovratensioni e le correnti di guasto.

Protezione da sovratensione

Il dispositivo limitatore assicura la scarica a terra delle sovratensioni giunte dalla rete in alta tensione.

Gli sganci accidentali tra la rete AT e BT rischiano di portare il potenziale dell'installazione BT ad un valore pericoloso rispetto a terra.

In caso di rivelazione di questo tipo di guasto, il limitatore di sovratensioni cortocircuita in maniera irreversibile il neutro e la terra, permettendo, in questo, modo di proteggere la rete in media e bassa tensione. Dopo il funzionamento come limitatore di sovracorrente, occorre cambiare il dispositivo, in particolare nello schema IT, per consentire al controllore dell'isolamento di riprendere correttamente la sorveglianza.

Induttanza di limitazione della corrente

Anche se i limitatori possono sopportare delle correnti di guasto 40 kA / 0,2 s, è sempre preferibile, negli impianti di potenza importante, limitare a 10 o 15 kA la corrente per tenere conto dell'eventualità di un 2° guasto sulla serie di sbarre, in questo caso la corrente di corto-circuito fase-neutro potrebbe superare 20 kA. Questa limitazione è realizzata tramite induttanze specifiche.

Livello effettivo di protezione assicurato da un limitatore di sovratensione

		Limitatore collegato tra neutro e terra		Limitatore collegato tra fase e terra	
Tensione nominale dell'installazione (V)	Livello di tensione ammissibile U_0 + 1200 (V)	Tensione nominale del limitatore (V)	Livello effettivo di protezione (V)	Tensione nominale del limitatore (V)	Livello effettivo di protezione (V)
127/220	1330	250	880	250	970
230/400	1430	440	1330	(*)	(*)
400/690	1600	440	1500	(*)	(*)
580/1000	1780	440	1680	(*)	(*)

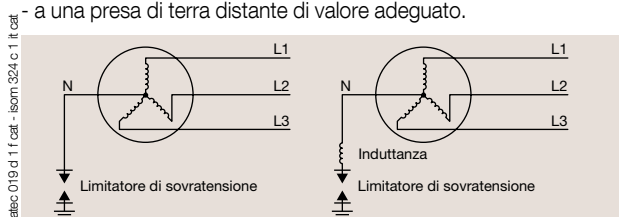
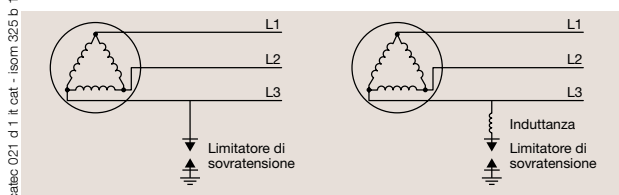
(*) I limitatori di tensione normalizzati non permettono la protezione sotto tensione

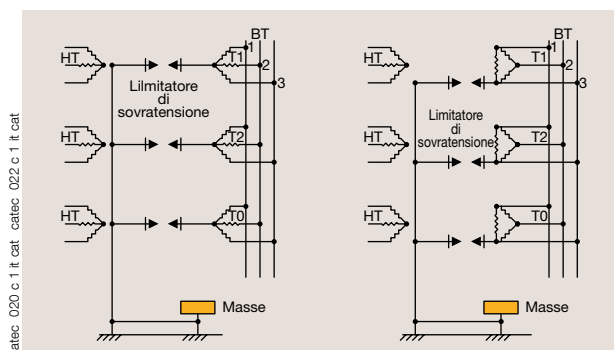
Tensioni nominali d'innescamento a frequenza industriale

Tensione nominale del limitatore (V)	Tensione nominale di non innescamento (V)	Tensione nominale d'innescamento al 100 % (V)
250	400	750
440	700	1100

I valori di tensioni nominali d'innescamento dei limitatori di sovratensione sono conformi alla norma IEC 60364.

Collegamento del dispositivo limitatore

Il terminale di terra deve essere collegato sia:
- all'insieme interconnesso delle masse e degli elementi conduttori dell'impianto,
- a una presa di terra distante di valore adeguato.

Un solo trasformatore - neutro accessibile

Un solo trasformatore - neutro non accessibile

Con più trasformatori in parallelo, occorre prevedere un dispositivo limitatore per ogni trasformatore. Per gli impianti a neutro non accessibile, provvedere a collegare tutti i dispositivi limitatori alla stessa fase.

"n" trasformatori in parallelo - neutro accessibile.

"n" trasformatori in parallelo - neutro non accessibile.

socomec
Innovative Power Solutions

Gli scaricatori

Protezione contro le sovratensioni transitorie

La buona qualità dell'alimentazione in bassa tensione di un impianto industriale o terziario è vitale poiché è comune all'insieme degli apparecchi.

Un esame globale dei fenomeni di disturbo è quindi estremamente importante per l'affidabilità generale dell'impianto.

Tra l'insieme dei fenomeni che possono disturbare il buon funzionamento degli apparecchi collegati alla rete, il problema delle "sovratensioni" deve essere considerato, perché è all'origine di effetti secondari particolarmente penalizzanti, anche distruttori.

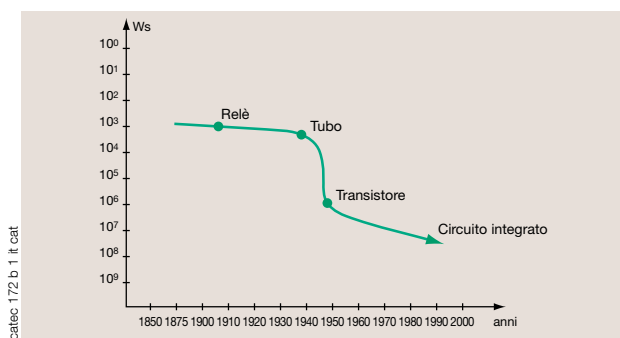
Così come le sovratensioni dovute ai fulmini, le sovratensioni industriali sono una realtà.

Una protezione sistematica contro le sovratensioni è quindi raccomandata per qualsiasi tipo d'installazione elettrica, prova ne siano le numerose distruzioni o guasti ricorrenti inesplicati di materiali elettrici.

Obblighi d'utilizzo e fragilità delle apparecchiature

La necessità di assicurare una protezione sistematica si spiega grazie ai seguenti fattori:
- fragilità crescente delle apparecchiature,
- proliferazione delle apparecchiature sensibili,
- tolleranza minima alle interruzioni di servizio,
- costi di fuori esercizio proibitivi,
- sensibilizzazione maggiore delle compagnie di assicurazione sui fenomeni di sovratensione.

Effetti sui componenti elettronici

La curva qui sotto mostra la diminuzione crescente della robustezza delle apparecchiature dovuta all'evoluzione delle tecnologie: in conseguenza, i problemi di affidabilità ai disturbi transitori vanno solo aumentando.

Potenza ammissibile in funzione delle tecnologie.

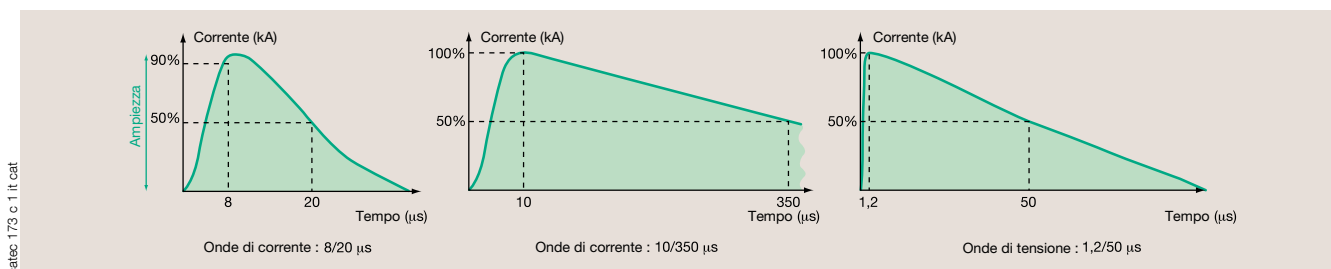
- Distruzione (parziale o totale):
  - delle metallizzazioni dei componenti,
  - dei triac / tiristori,
  - dei circuiti integrati sensibili (MOSFET).
- Disturbi di funzionamento: blocco di programmi, errori di trasmissione, fermo della produzione.
- Invecchiamento accelerato o distruzione differita: riduzione importante della durata di vita dei componenti.

Sovratensioni transitorie

Gli scaricatori SURGYS® sono dei dispositivi destinati ad assicurare la protezione delle apparecchiature e degli impianti, limitando le sovratensioni di tipo "transitorie".

Una sovratensione transitoria è un aumento della tensione, di solito considerevole (numerosi kV) e di durata breve (da qualche microsecondo a qualche millisecondo), rispetto alla tensione nominale di una rete o di un circuito elettrico.

Protezione contro le sovratensioni transitorie (seguito)

Onde normalizzate

Definizione delle onde di tensione o di corrente transitorie.

Le sovratensioni transitorie nelle reti a bassa tensione e circuiti a bassa corrente (reti di comunicazione, anello di corrente, linee telefoniche) sono dovute a diversi eventi e possono essere classifi cate principalmente secondo due tipi :

- sovratensioni industriali (o assimilate e legate all'attività umana),
- sovratensioni di fulmine.

Sovratensioni industriali transitorie

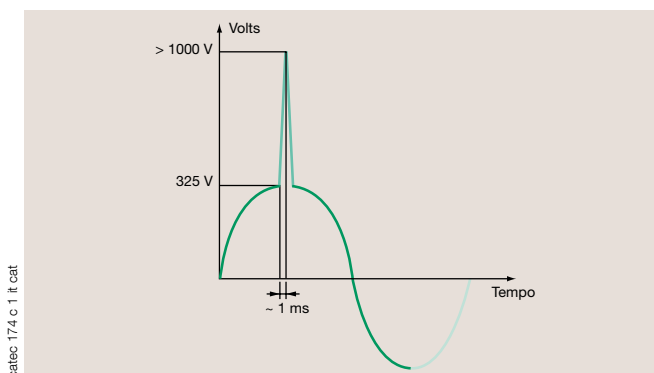
Sempre più numerose nelle reti attuali, queste sovratensioni industriali transitorie si dividono in :

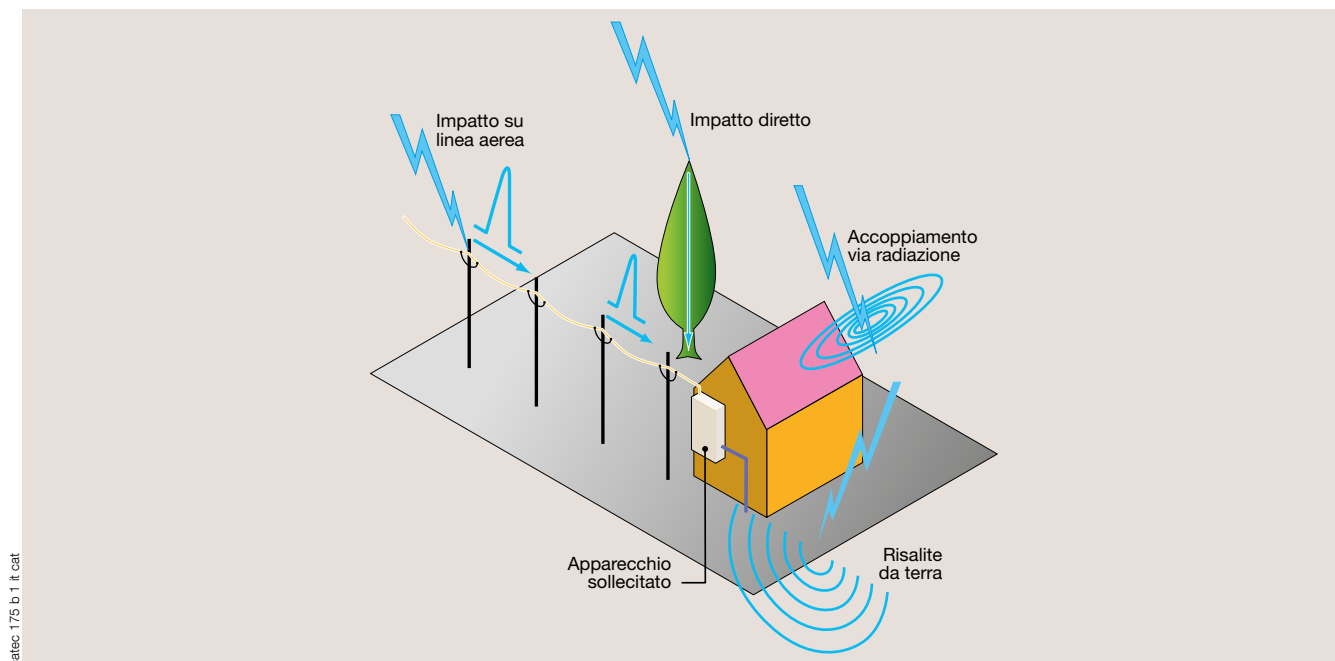
- sovratensioni di manovra e di commutazione,
- sovratensioni d'interazione tra reti.

Origini delle sovratensioni di manovra

Alcune sovratensioni sono dovute ad azioni intenzionali sulla rete di potenza, come le manovre di un carico o di una capacità oppure sono legate a funzionamenti automatici come :

- apertura / chiusura di circuito tramite apparecchi di manovra,
- fasi di funzionamento (avviamento, stop bruschi, accensione di apparecchi di illuminazione…),
- sovratensioni di commutazione elettronica (elettronica di potenza).

Altre sovratensioni sono dovute ad eventi non intenzionali come guasti dell'impianto, e la loro eliminazione tramite l'apertura inopinata dei dispositivi di protezione (dispositivi differenziali, fusibili e altri apparecchi di protezione contro le sovracorrenti).

Sovratensione dopo la fusione di un fusibile.

Sovratensioni dovute a fulmini

Le sovratensioni di origine atmosferica provengono da sorgenti non controllate e la loro gravità nel punto di utilizzo è funzione di numerosi parametri determinati dal punto d'impatto del fulmine e della struttura delle reti.

L'impatto di un fulmine su una struttura crea delle distruzioni spettacolari, però molto localizzate. La protezione contro l'impatto diretto del fulmine è assicurata tramite dispositivi "parafulmini" e non è spiegata in questo documento.
Un impatto di fulmine genera delle sovratensioni che si propagano tramite tutti i tipi di canalizzazioni elettriche (reti d'energia, collegamenti telefonici, bus di comunicazione…), di canalizzazioni metalliche o di elementi conduttori di lunghezza importante.
Le conseguenze dei fulmini, ossia delle sovratensioni provocate sugli impianti e apparecchiature, possono essere percepibili in un raggio di 10 km.
Queste sovratensioni possono essere classificate secondo il loro punto di impatto : fulmini diretti, vicini o lontani. Per i fulmini diretti, le sovratensioni sono dovute al flusso della corrente di fulmine nella struttura e alle sue prese di terra. Per i fulmini vicini, le sovratensioni sono create nei circuiti e in parte collegate all'aumento del potenziale di terra dovuta al flusso della corrente di fulmine.
Per i fulmini lontani, le sovratensioni sono limitate a quelle create nei circuiti. La presenza delle sovratensioni dovute a fulmini e le loro caratteristiche sono di natura statica e diversi dati sono ancora incogniti.

Tutte le regioni non sono ugualmente esposte e esiste di solito per ogni paese una mappa che indica la densità di fulminazione (Ng = numero annuale d'impatti di fulmini a terra per km2, NK = livello ceraunico, Ng = Nk / 10).
Ad esempio in Francia, il numero di fulmini che colpiscono annualmente il suolo è compreso tra 1 e 2 milioni. La metà di essi toccano direttamente il suolo ed hanno un'ampiezza inferiore a 30 kA, e meno del 5 % di loro sorpassano i 100 kA.

Protezione contro gli effetti diretti dei fulmini

La protezione passa per i tentativi di gestire il punto di impatto attirando il fulmine su uno o più punti precisi (i parafulmini) lontani degli impianti da proteggere, che scaricano le correnti di picco verso terra.
Diverse tecnologie di parafulmini sono disponibili e possono essere : a spina, gabbia a maglia, a fili stesi, oppure a dispositivi ad innesco. La presenza di parafulmini su un impianto aumenta il rischio e l'ampiezza delle correnti di picco nella rete di terra. L'installazione di scaricatori è quindi necessaria per evitare di aumentare i danni sull'impianto e sulle apparecchiature.

Protezione contro gli effetti indiretti tramite scaricatori

Gli scaricatori SURGYS®, proteggono contro le sovratensioni transitorie ed assicurano anche la protezione contro gli effetti indiretti dei fulmini.

Conclusione

Indipendentemente dalle considerazioni statistiche sui fulmini e dalle raccomandazioni corrispondenti alle norme di installazione in evoluzione, la protezione contro le sovratensioni tramite scaricatori si impone oggi sistematicamente per ogni tipo di attività, industriale o terziaria. In queste ultime, gli apparecchi elettrici e elettronici sono strategici e di valore significativo, e non trascurabili come lo possono essere alcuni equipaggiamenti domestici.

Principali regolamenti e norme (lista non esaustiva)

Premessa

Il presente manuale tecnico non si sostituisce mai ai regolamenti e alle norme in vigore, ai quali invece si riferisce in tutti i casi.

Regolamenti o raccomandazioni che impongono l'installazione di una protezione contro gli effetti dei fulmini

Obbligo assoluto

- Impianti Classifi cati per la Protezione dell'Ambiente (ICPE) subordinati ad autorizzazione (delibera del 15 gennaio 2008 e la sua circolare d'applicazione del 24 aprile 2008 relativa alla protezione contro i fulmini di alcuni impianti classifi cati)*
- Nuovi depositi di concimi solidi semplici a base di nitrati (delibera del 10 gennaio 1994)
- Centri di smistamento rifi uti domestici presmistati, rifi uti industriali e commerciali assimilati (delibera DPPR 95-007 del 5 gennaio 1995)
- Impianti specializzati di incenerimento e impianti di coincenerimento di alcuni rifi uti industriali speciali (delibera del 10 ottobre 1996)
- Impianti di refrigerazione che utilizzano ammoniaca come refrigerante (delibera del 16 luglio 1997)
- Impianti Nucleari di Base (INB) (delibera del 31 dicembre 1999)
- Silos e impianti di stoccaggio di cereali, sementi, prodotti alimentari o altri prodotti organici che liberano polveri infi ammabili (delibera del 15 giugno 2000)
- Luoghi di culto : campanili, torri e minareti (delibera del 16 settembre 1959)
- Edifi ci di grande altezza (IGH) (delibera del 24 novembre 1967 e del 18 ottobre 1977)
- Stabilimenti pirotecnici (decreto del 28 settembre 1979)
- Hotel-ristoranti d'alta quota (delibera del 23 ottobre 1987)

** Questa delibera cita chiaramente gli obblighi da rispettare e le azioni da intraprendere*
- procedere ad un'analisi di rischio fulmini per identificare le attrezzature e gli impianti dei quali è necessario assicurare la protezione,
- realizzare di conseguenza uno studio tecnico,
- proteggere l'impianto in conformità con lo studio,
- procedere alle verifiche delle protezioni contro i fulmini messe in opera,
- nel frattempo il tutto deve essere qualificato da un organismo competente nel settore.

Luoghi per i quali sono consigliate le disposizioni di protezione

- Teatri di tipo multiplex
- Strutture metalliche aperte al pubblico in zone turistiche
- Raduni di qualsiasi tipo all'aria aperta, che ospitano un pubblico importante e che si svolgono in più giornate
- Case di riposo (circolari del 29 gennaio 1965 e del 1° luglio 1965)
- Installazioni militari varie (norma MIL / STD / 1 957A per esempio)
- Depositi di materiali combustibili, tossici o esplosivi (circolare del 4 febbraio 1987 e delibera tipo n° 183 ter)
- Impianti di estrazione dell'olio (regolamento del 22 giugno 1988)
- Industrie petrolifere (guida GESIP 94 / 02)
- Industrie chimiche (documento UIC del giugno 1991)

Principali regolamenti e norme (lista non esaustiva) (seguito)

Norme relative agli scaricatori

Norme di installazione

Fino al 2002, l'utilizzo degli scaricatori per la protezione dei materiali connessi alla rete di bassa tensione non era obbligatorio, potevano essere esposte solo alcune raccomandazioni.

Norma NF C 15100 (dicembre 2002)

- Sezione 4-443 "Sovratensioni di origine atmosferica o dovute a manovre". Questa sezione defi nisce i livelli d'obbligo e di utilizzo degli scaricatori.
- Sezione 7-771.443 : « Protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica (Scaricatore) ». Sezione simile alla sezione 4-443, ma applicabile agli immobili residenziali.
- Sezione 5-534 : "Dispositivi di protezione contro i problemi elettrici" : contiene le regole generali di selezione e di attivazione degli scaricatori di Bassa Tensione.

Manuale di utilizzo UTE C 15443

Questo manuale fornisce delle informazioni più complete per la scelta e l'attivazione degli scaricatori e introduce un metodo di valutazione di rischio che permette di determinare un livello di raccomandazione per gli scaricatori. Questo manuale contiene anche una sezione sugli scaricatori per le reti di comunicazione.

Guida per gli impianti fotovoltaici UTE C 15712

Questa guida precisa, al di là della NF C 15100, le condizioni di protezione e d'intallazione dei generatori fotovoltaici.
Inoltre sono precisati anche dei consigli pratici per la scelta e la messa in opera dei prodotti Scaricatore.

Obblighi e consigli d'uso degli scaricatori

Le sezioni 4-443 e 7-771.443 della NF C 15100 definiscono le situazioni nelle quali è obbligatorio l'utilizzo degli scaricatori :

1 - L'impianto è dotato di parafulmini: parafulmini obbligatorio all'inizio dell'installazione. Deve essere di tipo 1 con una corrente I_{imp} di 12,5 kA minimo.

2 - L'impianto è alimentato da una rete di Bassa Tensione aerea e il livello ceraunico locale Nk è superiore a 25 (o Ng superiore a 2,5) : parafulmini obbligatorio all'inizio dell'installazione. Deve essere di tipo 2 con una corrente I_n di 5 kA minimo.

3 - L'impianto è alimentato da una rete di Bassa Tensione aerea e il livello ceraunico locale Nk è inferiore a 25 (o Ng inferiore a 2,5) : Scaricatore non obbligatorio.*

4 - L'impianto è alimentato da una rete di Bassa Tensione sotterraneo : Scaricatore non obbligatorio.*

(*) Tuttavia la norma precisa che : "…una protezione contro le sovratensioni può essere necessaria nelle situazioni in cui i livelli di affidabilità o di rischio attesi sono più elevati."

Sezioni 443 e 534 della NF C 15100

Si basano sui seguenti concetti :

- gli scaricatori devono essere installati a regola d'arte. Devono essere coordinati tra loro e con gli apparecchi di protezione dell'impianto,
- gli scaricatori devono essere conformi alla NF EN 61643-11 al fine di garantire un ciclo di vita senza rischi per gli impianti e le persone.

In caso di impianti industriali complessi o di impianti particolarmente esposti a rischi di folgorazione, è possibile imporre delle misure complementari.
Gli impianti classificati, sottomessi ad autorizzazione (ICPE) nell'ambito della delibera del 15 gennaio 2008 e della circolare d'applicazione del 24 aprile 2008, devono essere oggetto di uno studio preliminare del rischio fulmini.

Estratti della guida UTE C 15443

Questa guida UTE C 15443 specifica le regole che permettono la scelta e l'installazione degli scaricatori.

Premessa

"Gli apparecchi elettrici dotati di componenti elettronici oggigiorno sono largamente utilizzati sia negli impianti industriali terziari sia in quelli domestici. Inoltre, un gran numero di questi apparecchi rimangono in stato di veglia permanente assicurando delle funzioni di controllo o di sicurezza. La tenuta ridotta di questi apparecchi alle sovratensioni ha reso più importante la protezione degli impianti elettrici a bassa tensione e, in particolar modo, l'utilizzo degli scaricatori per la protezione contro le sovratensioni provocate dai fulmini e trasmesse attraverso la rete elettrica."

Tecnologia

Lo scaricatore : terminologia

Il termine "scaricatore" anche se è vago, definisce l'insieme dei dispositivi di protezione delle apparecchiature contro le sovratensioni transitorie, che hanno per origine fulmini o perturbazioni della rete (sovratensioni di manovra).
Gli scaricatori sono adatti ai diversi tipi di reti a fili in interazione con gli impianti :
- reti di energia,
- linee e reti di telecomunicazione,
- reti informatiche,
- radiocomunicazioni.

Alcune definizioni

Corrente residua

Corrente fornita dalla rete di energia elettrica e scorre nello scaricatore dopo la scarica. Concerne solo gli scaricatori avendo una corrente residua (ad esempio, gli scaricatori con spinterometro a aria o a gas).

Corrente di fuga

Corrente elettrica che, nelle condizioni normali, scorre a terra o negli elementi conduttori.

Sovratensione temporanea (U_T)

Valore efficace massimo accettabile dallo scaricatore e corrispondente ad una sovratensione a frequenza industriale dovuta a guasti sulla rete BT.

Livello di protezione (U_P)

Tensione di cresta ai morsetti dello scaricatore nelle condizioni normali di funzionamento. Questa caratteristica di protezione dello scaricatore deve essere inferiore alla tensione di tenuta agli shock delle apparecchiature da proteggere.

Tensione massima in circuito aperto (U_{oc})

Tensione massima dell'onda combinata accettabile (max = 20 kV / soltanto scaricatore di tipo 3).

Tenuta ai corto-circuiti (di solito I_{cc})

Corrente massima di corto-circuito sopportabile dallo scaricatore.

Corrente di scarica nominale (I_n)

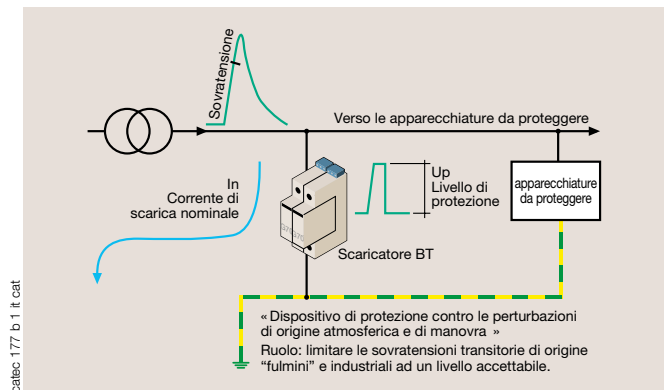
Valore di cresta di una corrente di forma d'onda 8 / 20 scorrendo nello scaricatore. Questa corrente può scorrere diverse volte senza danneggiarlo. Questa caratteristica è un criterio di scelta per gli scaricatori di tipo 2.

Corrente di choc (I_{imp})

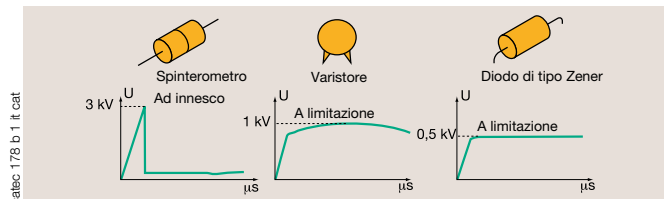
Di solito di forma 10 / 350, per il quale sono testati gli scaricatori di tipo 1.

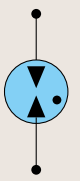
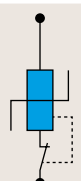
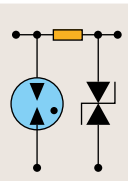
Corrente di scarica massima (I_{max})

Valore di cresta di una corrente di forma d'onda 8 / 20 scorrendo nello scaricatore di tipo 2 senza modifica delle sue caratteristiche e senza assicurare necessariamente il livello di protezione U_p e quindi la protezione delle apparecchiature da proteggere. Questo valore è una conseguenza della scelta di I_n ed è data nel datasheet tecnico del costruttore.

Principio di funzionamento e ruolo degli scaricatori

Tecnologie degli scaricatori

Per rispondere in modo efficace agli obblighi imposti da queste diverse reti, diverse tecnologie di scaricatori sono disponibili.
Così, gli scaricatori possono comportare diversi componenti interni :
- gli spinterometri,
- i varistori,
- i diodi di tipo Zener.

Questi elementi hanno per scopo di limitare rapidamente le tensioni arrivando ai morsetti : questa funzione è ottenuta per modifica veloce della loro impedenza ad una soglia di tensione determinata.

Funzionamento dei componenti "scaricatore".

Due atteggiamenti sono possibili :
- **Ad innesco :** il componente passa dallo stato di impedenza molto elevata al quasi corto-circuito, è il caso degli spinterometri,
- **A limitazione (clipping) :** dopo una soglia di tensione determinata, il componente passando in bassa impedenza, limita la tensione ai suoi morsetti (varistori e diodi di tipo Zener).

Tecnologia (seguito)

Principali tecnologie

Queste famiglie hanno diverse varianti e sono suscettibili ad essere associate tra di loro per dare delle performance ottimizzate.
Qui sotto, la descrizione delle principali tecnologie (o delle associazioni di tecnologie) utilizzate.

Spinterometro a aria	Spinterometro incapsulato	Spinterometro a gas	Varistore
Dispositivo costituito, di solito, di due elettrodi situate frontalmente e tra le quali si crea un innesco (seguito da una corrente residua) quando una sovratensione raggiunge un certo valore. Su delle reti di energia, per interrompere rapidamente la corrente residua, il principio di soffio dell'arco è utilizzato, che ha per conseguenza finale un espulso, verso l'esterno, di gas caldi : questo atteggiamento necessita un utilizzo particolare.	Spinterometro ad aria dove lo spegnimento della corrente residua si effettua senza espulsione di gas : ciò che si fa, di solito, a sfavore della capacità di apertura della corrente residua.	Spinterometro in una scatola ermetica, riempita di un mix di gas raro sotto pressione controllata. Questo componente è di solito utilizzato e ben adatto alla protezione delle reti di telecomunicazione. Questo elemento è particolarmente caratterizzato dalla sua corrente di fuga molto bassa.	Componente non lineare (resistenza variabile in funzione della tensione) a base di ossido di zinco (ZnO) che permette di limitare la tensione ai suoi morsetti : questo funzionamento in livellaggio permette di evitare la corrente residua, ciò che rende questo elemento molto adatto alla protezione delle reti di energia (Alta Tensione e Bassa Tensione).

Varistore con meccanismo termico di apertura	Spinterometro / Varistore	Diodo di tipo Zener	spinterometro / diodo di Zener
Varistore equipaggiato da un meccanismo ausiliario con lo scopo di scollegare il componente della rete in caso surriscaldamento eccessivo : questo atteggiamento è indispensabile per garantire una fine utilizzo controllata dei varistori collegati alla rete elettrica.	Associazione in serie di componenti, concepita per sfruttare i vantaggi delle due tecnologie : niente corrente di fuga e bassa Up (spinterometro) e niente corrente residua (varistore).	Diodo di tipo Zener (limitazione di tensione) dotata di una struttura particolare per ottimizzare il suo atteggiamento in livellamento delle sovratensioni transitorie. Questo componente è caratterizzato da un tempo di risposta particolarmente basso.	Associazione in parallelo di spinterometro(i) a gas e di diodo(i) di tipo Zener ; che permette di sfruttare la capacità di scorrimento dello spinterometro e del tempo di risposta rapido del diodo. Una tale associazione necessita un elemento di scollegamento in serie in modo tale che la coordinazione di funzionamento dei componenti di protezione sia assicurata.

Tecnologie della gamma SURGYS®

Tipo	Varistore	Spinterometro a gas	Diodo di tipo Zener
G140-F	•		
G40-FE	•	•	
G70	•		
D40	•		
E10	•		
RS-2		•	•
mA-2		•	•
TEL-2		•	•
COAX		•	

Gli scaricatori

Costituzione interna

Meccanismo di apertura

Conformemente alle norme "Scaricatore BT", gli scaricatori SURGYS® sono equipaggiati di sicurezze termiche interne che scollegheranno la funzione protezione della rete in caso di funzionamento anormale (surriscaldamento dovuto a un superamento delle caratteristiche del prodotto). In questo caso, l'utente sarà avvisato del guasto tramite la visualizzazione del colore rosso dell'indicatore in parte anteriore del modulo difettoso, che verrà sostituito. In più, per sopportare i guasti di tipo corrente di corto-circuito o sovratensioni transitorie, gli scaricatori devono imperativamente essere collegati alla rete bassa tensione tramite meccanismi di apertura esterni e specifici agli scaricatori.

Questo scollegamento esterno è effettuato tramite fusibili SOCOMEC adatti e indicati nelle pagine prodotti corrispondenti di questo catalogo.

Il montaggio dei fusibili in interruttori SOCOMEC adatti migliora la sicurezza e facilita, in uso, alcuni interventi come ad esempio misure d'isolamento.

Telesegnalazione

La maggior parte degli scaricatori SURGYS® è equipaggiata di un contatto di "telesegnalazione". Questa funzione, che autorizza il controllo a distanza dello stato dello scaricatore, è particolarmente interessante nel caso di prodotti diffi cilmente accessibili o senza sorveglianza.

Il sistema è costituto di un contatto ausiliario tipo invertitore azionato in caso di modifi ca di stato del modulo di protezione.

L'utente può così verifi care continuamente:

- il buon funzionamento degli scaricatori,
- la presenza dei moduli sganciabili,
- la fi ne utilizzo (scollegamento) degli scaricatori.

Questa funzione "telesegnalazione" permette quindidi scegliere un sistema di segnalazione (indicatore di funzionamento o di guasto), adatto alla sua installazione tramite diversi mezzi come led, buzzer, automatismi, trasmissioni.

Principali caratteristiche degli scaricatori

Definizione delle caratteristiche

I principali parametri definiti dalle norme "scaricatori" permettono all'utente di determinare le performance e l'utilizzo dello scaricatore:

- tensione massima di regime permanente (U_c): tensione massima accettabile dallo scaricatore,
- corrente nominale di scarica (I_n): corrente ad impulso di forma 8 / 20 µs che può essere sopportata 15 volte, senza danno, dallo scaricatore durante la prova di funzionamento,
- corrente massima di scarica (I_{max}): corrente ad impulso di forma 8 / 20 µs che può essere sopportata una volta, senza danno, dallo scaricatore di tipo 2,
- corrente di shock (I_{imp}): corrente ad impulso di forma 10 / 350 µs che può essere sopportata una volta, senza danno, dallo scaricatore di tipo 1,
- livello di protezione (U_p): tensione che caratterizza l'efficacia dello scaricatore. Questo valore è superiore alla tensione residua (U_{res}) che nasce ai morsetti dello scaricatore durante il passaggio della corrente nominale di scarica (I_n),
- corrente di corto-circuito interna ammissibile (I_{cc}): valore massimo di corrente 50 Hz che può transitare nello scaricatore durante un guasto di esso.

Questi diversi parametri permettono quindi di dimensionare lo scaricatore rispetto alla rette sulla quale sarà connesso (U_c e I_{cc}), rispetto allo rischio (I_n e I_{max}) e infine, rispetto all'efficacia desiderata e / o tipo di apparecchiature da proteggere (U_p).

Verifica di U_c

Secondo la norma NF C 15100 sezione 534, la tensione massima di funzionamento U_c dello scaricatore connesso in modo comune deve essere selezionata nel modo seguente:

- in regime TT o TN: Uc > 1,1 x Un,
- in regime IT: Uc > V3 x Un.

Gli scaricatori SURGYS® essendo compatibili con tutti i regimi di neutro, la loro tensione U_c in modo comune è di 440 VAC.

Verifica di U_p, I_n, I_{max} et I_{imp}

Il livello di protezione U_p deve essere scelto il più basso possibile, rispettando sempre la tensione U_c imposta.

Le correnti di scarica I_n, I_{max} e I_{imp} sono scelte in funzione del rischio: vedere guida alla scelta del catalogo scaricatori SURGYS®.

Scelta e implementazione degli scaricatori di testa

Tipi di scaricatori Bassa Tensione

Gli scaricatori sono definiti dalla norma NF EN 61643-11 in 2 tipi di prodotti, corrispondenti a delle classi di prove. Queste sollecitazioni specifiche dipendono essenzialmente dalla localizzazione dello scaricatore nell'installazione e dalle condizioni esterne.

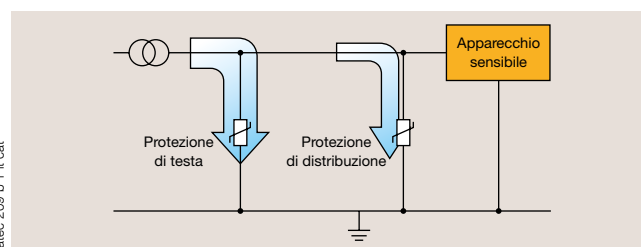
Scaricatori di tipo 1

Questi dispositivi sono concepiti per essere utilizzati su impianti dove il rischio "Fulmini" è molto importante, particolarmente in caso di presenza di parafulmine sul sito. La norma NF EN 61643-11 impone che questi scaricatori siano sottomessi alle prove di Classe 1, caratterizzate da immissioni di onde di corrente di tipo 10 / 350 µs (I_{imp}), rappresentativi della corrente di fulmine generata durante un impatto diretto. Questi scaricatori dovranno essere particolarmente potenti per scaricare questa onda molto energetica.

Scaricatori di tipo 2

Destinati ad essere installati a monte dell'impianto, generalmente al livello del QGBT, su siti dove il rischio di impatto diretto è considerato come inesistente, gli scaricatori "Primari" di tipo 2 proteggono l'insieme dell'installazione. Questi scaricatori sono sottomessi alle prove in onda di corrente 8 / 20 µs (I_{max} e I_n). Se i materiali da proteggere si trovano lontano dell'origine dell'installazione, degli scaricatori di tipo 2 dovranno essere installati a prossimità di essi *(vedere paragrafo "Coordinazione tra scaricatori di testa e di distribuzione", pagina 750).*

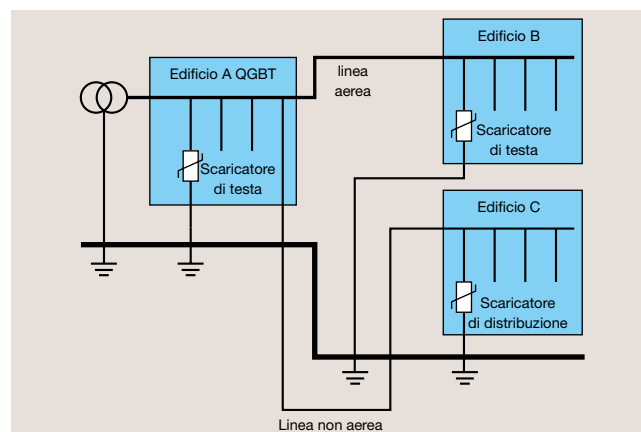
Scaricatori a monte dell'impianto BT

Gli scaricatori della gamma SURGYS® si dividono in scaricatori di testa e scaricatori di distribuzione.
Gli scaricatori di testa proteggono l'insieme di un'installazione BT scaricando la maggior parte delle correnti che creano sovratensioni direttamente verso terra.
Gli scaricatori di distribuzione assicurano la protezione delle apparecchiature scaricando l'energia rimanente verso terra.

Scelta dello scaricatore di testa

In ogni caso, gli scaricatori di testa sono da installare immediatamente a valle dell'apparecchio generale di comando.
Le correnti di scarica che questi scaricatori devono evacuare in caso di sovratensioni possono essere molto importanti e la loro scelta si fa di solito verificando che queste correnti (I_n, I_{max}, I_{imp}) sono adatte alle valutazioni dei rischi teorici eseguiti, ad esempio, da alcuni studi di progettazione specializzati.
La tabella di selezione seguente da delle indicazioni pratiche permettendo di selezionare direttamente lo scaricatore di testa, tenendo conto delle performance dei SURGYS®.

		Scaricatori di testa SURGYS®
• Presenza di parafulmine • Siti esposti (altitudine…) • Lago • Linee a tensione molto elevata • Edifi ci con strutture metalliche estese, o a prossimità di camini o con dei elementi a punta	Tipo 1	SURGYS G140F
• Presenza di parafulmine e QGBT di lunghezza < 2 m e equipaggiato di apparecchiature sensibili	Tipo 1	SURGYS G40-FE
• Ingresso sotterraneo • Sito non esposto • Sovratensioni di manovra	Tipo 2	SURGYS G70

SURGYS G40-FE

Gli scaricatori di testa sono disposti:
- al livello di un QGBT (fig. 1),
- al livello del quadro elettrico generale dell'edifi cio, in caso di linea aerea esposta ai fulmini.

Tipo 2 Fig. 1 : scelta di scaricatore di testa o di distribuzione.

Scelta e implementazione degli scaricatori di testa (seguito)

Presenza di parafulmini e scaricatori di testa

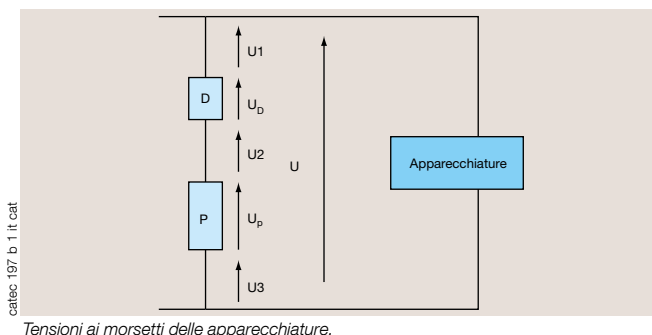
La presenza di parafulmini (struttura destinata a captare il fulmine e a scaricare la sua corrente tramite una strada privilegiata verso terra), sopra o in prossimità di un'installazione, contribuisce ad aumentare l'ampiezza delle correnti ad impulsi: in caso di impatto diretto sul parafulmine, il potenziale della terra vede un aumento molto importante e una parte della corrente del fulmine sarà derivata nella rete BT, tramite lo scaricatore.
Così, l'utilizzo simultaneo di scaricatori di tipo 1 con parafulmini è obbligatorio in riferimento alla norma NF C 15100. Il collegamento alla rete è da prevedere tramite un conduttore di sezione minima 10 mm^2.

Coordinamento con l'AGCP

L'Apparecchio Generale di Comando e di Protezione (AGCP) dell'impianto (interruttore generale) è sempre messo a monte dello scaricatore. Deve essere coordinato con lo scaricatore per limitare sganci intempestivi durante il funzionamento di esso. In regime TT, le misure di miglioramento passano essenzialmente tramite la scelta del dispositivo differenziale generale di tipo S (selettivo) che permette di scaricare più di 3 kA in onda 8/20 µs senza sgancio.
Per evitare il danneggiamento dello scaricatore, si deve privilegiare la continuità di servizio dell'impianto, i.e. provare di assicurare la selettività tra l'AGCP e il dispositivo di apertura dello scaricatore.
Nota: la protezione del punto "neutro" eventuale è da prevedere. La rivelazione della fusione del fusibile del neutro non deve per forza comandare l'apertura delle fasi corrispondenti perché nel caso specifico di uno scaricatore, il "carico" è equilibrato e non rischia di generare una sovratensione funzionale in caso di sparizione del neutro.

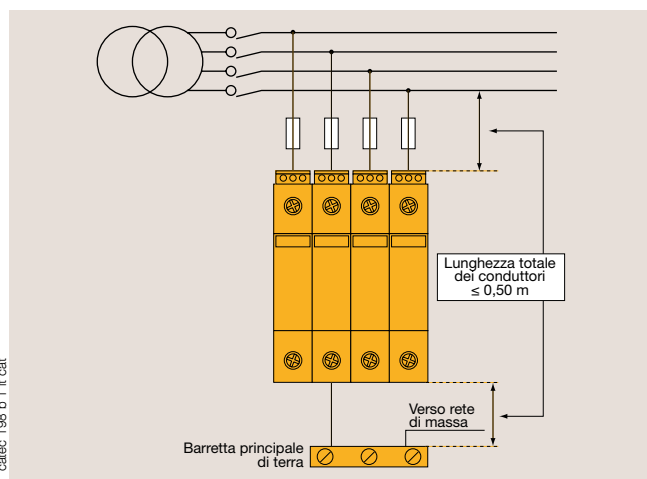
Qualità dei collegamenti degli scaricatori

La qualità di collegamento dello scaricatore alla rete è essenziale per garantire l'effi cacia della funzione di protezione.
Durante la scarica della corrente, l'insieme del ramo parallelo sul quale è collegato lo scaricatore è sollecitato: la tensione residua (U) ai morsetti dell'apparecchio da proteggere sarà uguale alla somma della tensione residua dello scaricatore (Up) + la caduta di tensione (U1 + U2 + U3) nei conduttori di collegamento più la caduta di tensione (Ud) nel dispositivo di apertura associato.

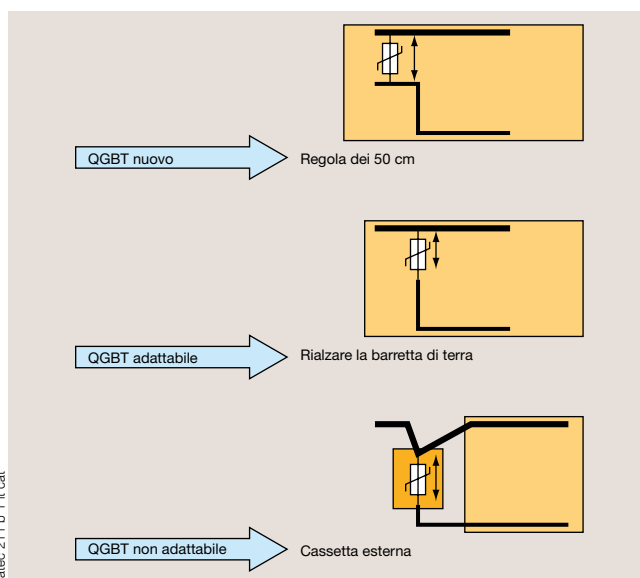
Tensioni ai morsetti delle apparecchiature.

Sezioni di collegamento

I conduttori di terra degli scaricatori devono avere una sezione minima di 4 mm^2 secondo la norma IEC 60364. In pratica, la stessa sezione è richiesta per i conduttori di collegamento alla rete.

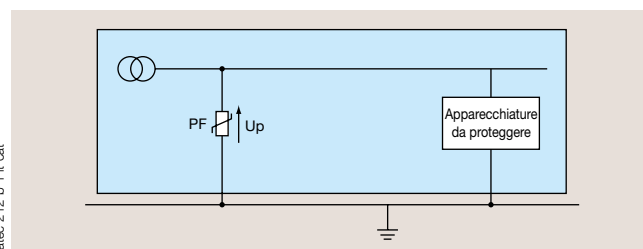
Regola dei 50 cm

Per diminuire la tensione (U), sarà utile ridurre al minimo le lunghezze dei conduttori di collegamento, il valore consigliato di (L1 + L2 + L3) è di 0.50 m massimo.

Distanza SURGYS®/TGBT.

Lay-out degli scaricatori di testa

Lay-out secondo le condizioni di installazione.

Protezione delle apparecchiature e scaricatori di distribuzione

Protezione delle apparecchiature e scelta dello scaricatore

Per assicurare una protezione effi cace degli apparecchi contro le sovratensioni, uno scaricatore SURGYS® di distribuzione deve essere installato il più vicino possibile delle apparecchiature da proteggere.
Gli scaricatori di distribuzione installati vicini delle apparecchiature devono avere un livello di protezione legato alla tenuta ai shock del materiale da proteggere:
Up dello scaricatore < tensione di tenuta agli shock dell'apparecchio da proteggere*.
** Sotto riserva di un'installazione corretta (vedere pagina precedente).*

Rigidità dielettrica delle apparecchiature

I diversi tipi di materiali sono classifi cati in quattro categorie. Corrispondono a quattro livelli di tenuta agli shock di sovratensione accettabile dalle apparecchiature.

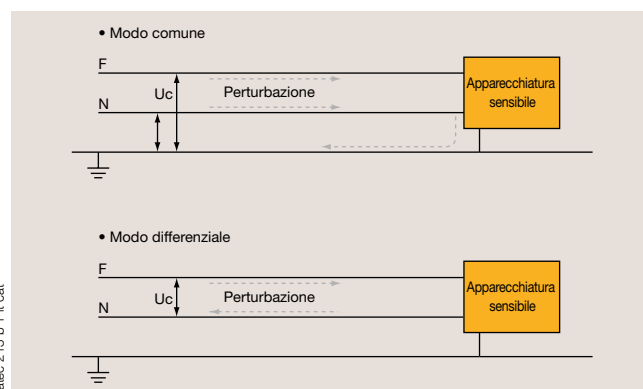
	Esempi di apparecchi con una tenuta agli shock			
	molto elevata	elevata	normale	ridotta
Reti trifasi	• contatori tariffari • apparecchi di telemisura	• apparecchi di distribuzione: interruttori, magnetotermici • materiali industriali	• apparecchi elettro-domestici • ustensili portativi	• apparecchi con circuiti elettronici
Tensione nominale dell'installazione (V)	Tension di tenuta agli shock (kV)			
230/440	6	4	2,5	1,5
400/690/1000	8	6	4	2,5

Modo comune e modo differenziale

Modo comune

Le sovratensioni sono create tra ogni conduttore attivo e la massa. Le correnti vanno nella stessa direzione tra le due linee e tornano a terra tramite il collegamento di messa a terra (F / T, N / T).
Le sovratensioni in modo comune sono pericolose a causa del rischio di guasto dielettrico.

Modo differenziale

Le sovratensioni sono create tra i conduttori attivi (F / N, F / F). La corrente, via la fase, attraversa l'apparecchio e torna tramite il neutro.
Queste sovratensioni sono particolarmente pericolose per gli apparecchi elettronici.

Protezione in modo comune

Di solito, gli scaricatori si collegano tra conduttori attivi (fasi e neutro) e la barretta generale di terra del quadro elettrico o il conduttore generale di protezione (PE).
Gli scaricatori di distribuzione SURGYS® D40 e E10 assicurano la protezione in modo comune delle apparecchiature. Questo modo di protezione conviene di solito per gli schemi di collegamento a terra seguenti:
- rete TNC,
- rete IT a masse collegate.

Protezione delle apparecchiature e scaricatori di distribuzione (seguito)

Protezione in modo differenziale

Per proteggere contro le sovratensioni in modo differenziale, ovvero che possono crearsi tra fasi e neutro, due sono le soluzioni possibili :

- utilizzare gli scaricatori unipolari supplementari a quelli utilizzati per il modo comune e collegarli tra ogni fase e il neutro,
- utilizzare degli scaricatori dotati di una protezione in modo differenziale integrata come i SURGYS® tipo D40 MC / MD o E10 MC / MD.

Questo modo di protezione è specialmente raccomandato nei seguenti casi :

Rete TT

possono crearsi delle sovratensioni in modo differenziale a causa dell'eventuale asimmetria tra le prese di terra del neutro e le misure BT ; in particolare, nel caso in cui la resistenza della presa di terra dell'utente sia elevata (> 100 ohm) rispetto alla presa di terra del punto neutro.

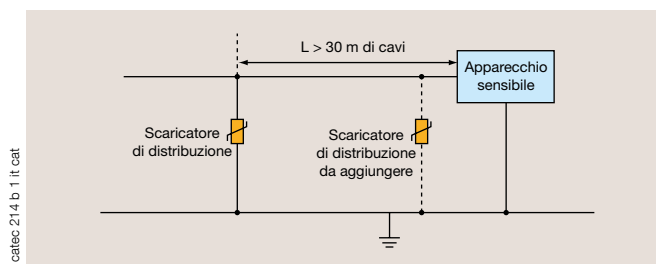
Rete TNS

possono crearsi delle sovratensioni in modo differenziale a causa della lunghezza del cablaggio tra il trasformatore e la testa dell'impianto BT.

Coordinazione tra scaricatori di testa e di distribuzione

Per far sì che ogni scaricatore garantisca la sua rispettiva funzione di smaltimento, lo scaricatore di testa evacua la maggior parte dell'energia mentre lo scaricatore di distribuzione assicura il livellaggio in tensione il più vicino possibile all'apparecchiatura da proteggere.
Questa coordinazione è possibile solo se la ripartizione d'energia tra i due scaricatori è controllata tramite un'impedenza.
Questa impedenza può essere assicurata sia da 10 m di canalizzazione, sia da un'induttanza di accoppiamento L1 per le distanze inferiori.

Distanza scaricatore e attrezzatura

La lunghezza del conduttore tra lo scaricatore e il materiale da proteggere infl uisce sull'effi cacia di protezione. In effetti, una lunghezza troppo importante può generare delle oscillazioni (rifl essioni dell'onda di sovratensione incidentale) e di conseguenza, nel peggiore dei casi, sarà necessario raddoppiare il livello di protezione Up sui bordi del materiale da proteggere.
si raccomanda quindi di mantenere una lunghezza inferiore a 30 m tra scaricatore e materiale o di ricorrere alla coordinazione degli scaricatori.
(vedere paragrafo "Coordinazione tra scaricatori" pagina 750)

Caso di un apparecchio distanziato.

Regole e scelta degli scaricatori

Come per gli accessi di bassa tensione, gli ingressi a "basse correnti" (Telecom, linee modem, trasmissioni di dati, reti informatiche, loop di corrente…) di alcune apparecchiature sono estremamente sensibili alle sovratensioni transitorie. La suscettibilità molto elevata dei materiali connessi a una linea a "bassa corrente" è dovuta alla combinazione dei due fenomeni:

- resistenza allo "stiramento" dei circuiti nettamente più debole di quella dei circuiti a bassa tensione,
- sovratensione supplementare tra circuiti a basse correnti e circuiti a bassa tensione, specialmente a causa dell'accoppiamento.

Al fi ne di garantire un'affi dabilità di funzionamento dei sistemi, oltre all'accesso energia, è quindi fondamentale proteggere anche questo tipo di connessioni.

Norme scaricatori a basse correnti

Norma "Prodotto"

Norma NF EN 61643-21: questo documento defi nisce dei collaudi da applicare agli scaricatori a basse correnti.
I parametri testati sono simili a quelli degli scaricatori BT, ad esclusione dei collaudi tipici delle reti BT 50 Hz (corrente di cortocircuiti, sovratensioni temporanee…). Sono invece richiesti dei test supplementari sulla qualità di trasmissione (attenuazione…).

Norma "Selezione e Installazione"

Norma IEC 61643-22: informazione sulla tecnologia degli scaricatori per basse correnti, sui metodi di selezione e i consigli d'installazione.

Gli scaricatori SURGYS® per basse correnti

SOCOMEC propone una gamma di scaricatori per collegare la bassa corrente al formato modulare per un'implementazione semplifi cata degli armadi normalizzati. La funzione scaricatore è rimovibile al fi ne di ottimizzare la manutenzione e il controllo.
Gli schemi utilizzati negli scaricatori SURGYS® per linee di bassa corrente si basano sull'associazione di spinterometri a gas tripolari e di diodi di pilotaggio rapidi, il che permette di ottenere le seguenti caratteristiche:

- corrente di scarico nominale (senza distruzione) in onda 8 / 20 µs > 5 kA,
- tempo di risposta della protezione < 1 ns,
- tensione residua adattata alla tenuta dell'apparecchio,
- continuità di servizio,
- sicurezza di funzionamento mediante messa in cortocircuito in caso di guasto permanente.

Grazie all'innesco simultaneo dei tre elettrodi, l'utilizzo sistematico di spinterometri a gas tripolari assicura una protezione ottimizzata.
L'insieme di queste caratteristiche è indispensabile per ottenere un'affi dabilità ottimale dell'apparecchio protetto, indipendentemente dal disturbo momentaneo.

Valutazione del rischio

Non è obbligatoria la messa in funzione degli scaricatori sui collegamenti a basse correnti, anche se il rischio è maggiore. Quindi è necessario stimare il rischio analizzando qualche semplice parametro:

	Utilizzo degli scaricatori SURGYS®	
	raccomandata*	opzionali
Collegamenti telecom		
Distribuzione	aerea	sotterranea
Storico "momentaneo"	**> 1**	**0**
Apparecchi	alimentata 50 Hz	non alimentato
Importanza dell'apparecchio	**vitale**	**secondario**
Trasmissione dei dati		
Distribuzione	esterno	interna
Storico "momentaneo"	**> 1**	**0**
Lunghezza linea	> 30 m	< 30 m
Ambiente elettromagnetico	**denso**	**debole**
Importanza dell'apparecchio	vitale	secondario

** Raccomandata se l'impianto risponde almeno a uno di questi criteri.*

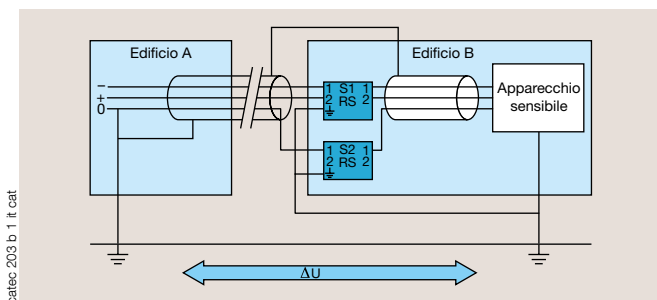
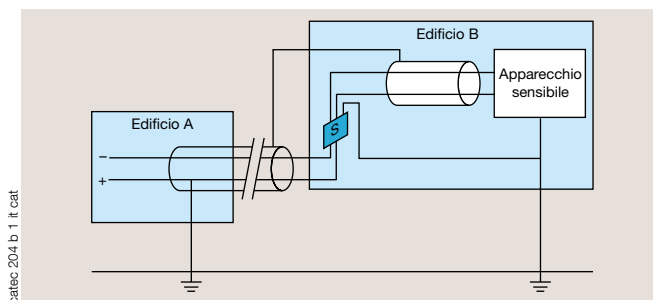
Lay-out e manutenzione

Installazione

Localizzazione

Per ottimizzare l'effi cacia della protezione, gli scaricatori devono essere posizionati correttamente ; sono quindi disposti :

- nel caso di una linea esterna : all'ingresso dell'installazione, ovvero al livello del ripartitore o della scatola di collegamento di ingresso, per derivare le correnti ad impulsi il più velocemente possibile,
- nel caso di collegamenti pericolosi : a prossimità immediata degli apparecchi da proteggere (esempio: nella cassetta di collegamento dell'apparecchio).

In ogni caso, l'apparecchio protetto deve essere vicino allo scaricatore (lunghezza di conduttore "scaricatore / apparecchio" inferiore a 30 m). Se questa regola non può essere rispettata, occorrerà installare una protezione "secondaria" in vicinanza dell'apparecchio (coordinamento di scaricatori).

Collegamento RS a 3 fi li (con fi lo 0 V).

Collegamento RS a 2 fi li.

Collegamento alla rete delle masse

La lunghezza di collegamento dello scaricatore alla rete delle masse dell'installazione deve essere la più corta possibile (inferiore a 50 cm) per limitare le cadute di tensione addizionali che penalizzerebbero l'effi cacia di protezione. La sezione di questo conduttore deve essere di 2,5 mm^2 minimo.

Cavi

Gli scaricatori per reti a bassi correnti SURGYS® non necessitano di nessuna manutenzione o sostituzione sistematica ; sono progettati per sopportare delle onde di shock importanti senza distruzione e di maniera ripetitiva. Nessuna circolazione in parallelo nella stessa bocchetta allo scopo di limitare gli accoppiamenti.

Manutenzione

Gli scaricatori per reti a bassi correnti SURGYS® non necessitano di nessuna manutenzione o sostituzione sistematica ; sono progettati per sopportare delle onde di shock importanti senza distruzione e di maniera ripetitiva.

Fine utilizzo

Tuttavia, una distruzione può intervenire in caso di superamento delle caratteristiche dello scaricatore. La messa fuori servizio i sicurezza interviene nei casi seguenti :

- contatto prolungato con una linea di energia,
- shock di "fulmine" eccezionalmente violento.

In questo caso, lo scaricatore si mette in corto-circuito defi nitivamente, proteggendo così le apparecchiature (tramite messa a terra) e indicando la sua distruzione funzionale (interruzione di linea): l'utente dovrà allora procedere alla sostituzione del modulo sganciabile dello scaricatore SURGYS®.

In pratica, la fi ne utilizzo di uno scaricatore TEL su una linea telefonica si traduce per l'utente da un telefono che sembra sempre occupato. L'utente (Telecom) vedrà la messa a terra della linea e ne informerà l'abbonato.

Cassette

Effetti termici

Potenza dissipata dagli apparecchi

Vengono fornite le potenze nominali per la corrente Ith (calibro nominale nella tabella qui sotto).
Per la corrente d'uso dell'apparecchio si avrà:

$$P = P_N \times \left[\frac{I_e}{I_{th}}\right]^2$$

P: potenza dissipata in W.
P_N: potenza nominale dissipata in W (vedi tabella in basso).
I_e: corrente d'uso dell'apparecchio.
I_{th}: calibro dell'apparecchio.

Caratteristiche termiche

Determinazione dell'innalzamento della temperatura

$$\Delta T\ (°K) = \frac{P\ (W)}{K \times S\ (m^2)}$$

P: potenza dissipata all'interno della cassetta (apparecchiatura, collegamenti, cavi, ecc.).
ΔT: innalzamento della temperatura in °K.
S: superficie libera della cassetta (non si tiene conto delle superfici contro i muri o altri ostacoli).
K: coefficiente di scambio termico.
K = 4 W/m² °C per le cassette in poliestere.
K = 5,5 W/m² °C per le cassette metalliche.
Quando l'armadio o la cassetta sono muniti di feritoie per la ventilazione, applicare la norma IEC 890 per il calcolo, oppure consultarci

Determinazione dello scambiatore aria/aria:
vedere pagina 754.

Determinazione del ventilatore

In caso di ventilazione forzata, la portata d'aria D necessaria è:

$$D\ (m^3/h) = 3{,}1 \times \left[\frac{P}{\Delta T} - (K \times S)\right]$$

I ventilatori sono proposti come accessori nella gamma CADRYS.

• Determinazione della resistenza di riscaldamento

Essa è richiesta quando occorre evitare la condensa all'interno dell' armadio. La potenza Pc della resistenza è data da:

$$Pc\ (W) = (\Delta T \times K \times S) - P$$

Determinazione del climatizzatore:
vedere pagina 754.

Potenze dissipate in W/polo per l'apparecchiatura

Calibri (A)	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	1800	2000	2500	3200	4000
SIRCO	-	-	-	-	-	-	1,8	3	4	5,8	7,6	10,8	16	30,9	39,7	-	85	122	161	140	205	340	420
SIRCO M	**0,6**	**0,9**	**-**	**1,5**	**2,4**	**4,3**	**7,1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
SIDER	-	-	-	-	-	-	12	-	24	48	58	41	58	20,7	32	-	42,5	102	-	-	-	-	-
SIDERMAT	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**8,2**	**-**	**15,6**	**-**	**45**	**66,4**	**-**	**80**	**113**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
FUSERBLOC	4,6 (CD)	-	7,1	10,4	-	15	18	22	33	39	55,3	57	-	118	131	-	234	-	-	-	-	-	-
FUSOMAT	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**30,3**	**-**	**50**	**-**	**83,5**	**-**	**-**	**222**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
ATyS	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**1,9**	**3,2**	**4,1**	**5,9**	**7,8**	**15,1**	**17**	**32,4**	**41,7**	**46,9**	**93,3**	**122**	**153**	**178**	**255**	**330**	**-**
ATyS M	**-**	**0,6**	**-**	**1,2**	**2,2**	**4**	**5**	**6**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**

Esempio: Un armadio comprende un interruttore generale (FUSERBLOC 4 x 630 A) e più partenze. La corrente nominale è di 550 A.
- Potenza dissipata a 630 A (tabella in basso): 100 x 3 = 300 W
- Potenza dissipata a 550 A:

$$300 \times \left[\frac{550}{630}\right]^2 = 228\ W$$

La potenza totale nell'armadio (apparecchiature, cavi, ecc.) raggiunge i 400 W. Dimensioni armadio: H = 2000 mm, P = 600 mm, L = 800 mm.
L'armadio è posto tra altri due armadi e contro il muro. La superficie libera sarà: S (m²) = 2 x 0,8 (frontale) + 0,6 x 0,8 (in alto) = 2,08 m²

- Innalzamento della temperatura dentro l'armadio:

$$\Delta T = \frac{400\ W}{5{,}5 \times 2{,}08\ m^2} = 35\ °C$$

Con una temperatura ambiente di 35 °C, si ottiene: T = 35 °C + 35 °C = 70 °C
Per limitarsi a una temperatura massima di 55 °C (ΔT = 20 °C), occorre una ventilazione di portata:

$$D = 3{,}1 \times \left[\ 400\ \ - 5{,}5 \times 2{,}08\ \right] = 26{,}5\ m^3/h$$

Cassetta in poliestere

Le cassette sono utilizzabili negli impianti aperti e accessibili al pubblico. L'ordinanza ministeriale del 25/06/80 impone cassette autoestinguenti (tenuta ad almeno 750 °C al filo incandescente secondo IEC 60695).

	COMBIESTER		MINIPOL	MAXIPOL
Tipo di cassetta	coperchio trasparente	coperchio opaco		
Tenuta al filo incandescente	960 °C	850 °C	960 °C	960 °C

Effeti termici (seguito)

Protezione dagli effetti termici (secondo la norma IEC 60364)

Le temperature dei materiali elettrici sono limitate ai valori della tabella seguente:

Partii accessibili	Materiali	T (°) massima
Dispositivi di comando manuale	Metallici	55
	Non Metallici	65
Possibilità di toccarle ma non di tenerle in mano	Metallici	70
	Non Metallici	80
Da non toccare nelle normale operazioi	Metallici	80
	Non Metallici	90

Calcolo termico delle cassette

Ipotesi

a) Definire la temperatura interna massima nell'armadio imposta dal componente più sensibile

b) Definire la temperatura interna massima dell'ambiente (all'esterno dell'armadio)

c) Definire le dimensioni del quadro

dove Ti (°C) = Temperatura interna

Ta (°C) = Temperatura ambiente

A - L - P (m) = Altezza - Larghezza - Profondità

Potenza dissipata dai componenti

Apparecchiature SOCOMEC

Vedere i dettagli delle potenze dissipate alla corrente nominale *(vedere pagina 753)*

$$Pd = P_{nom} \times \left[\frac{I_e}{Ith}\right]^2$$

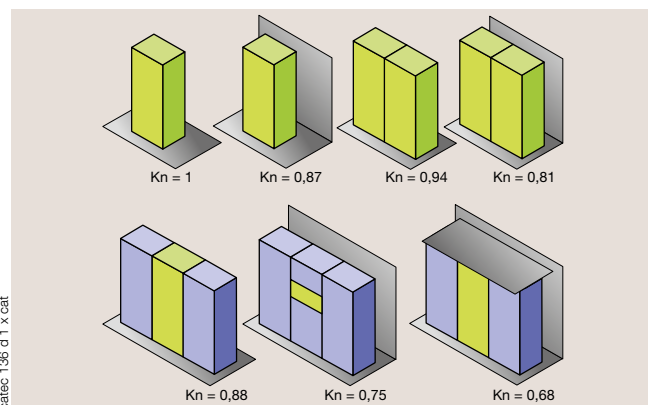
P_{nom} (W): Potenza nominale

P_d (W): Potenza dissipata alla corrente d'uso

I_e (A): Corrente d'uso

I_{th} (A): Corrente nominale

Superficie di scambio corretta

a) Definire il fattore di correzione Kn (funzione della modalità di montaggio)

b) Superficie corretta

$$S = Kn\,(1{,}8 \times H \times (L + P) + 1{,}4 \times L \times P)$$

Potenza necessaria per mantenere la temperatura nella cassetta

$$Pn\,(W) = Pd - K \times S \times (Ti\,max - Ta\,max)$$

K = 5,5 W/m²/°C per una cassetta in lamiera verniciata

K = 4 W/m²/°C per una cassetta in poliestere

K = 3,7 W/m²/°C per una cassetta in acciaio inox

K = 12 W/m²/°C per una cassetta in alluminio

Pn (W): potenza necessaria

Scelta del modo di regolazione

a) Ventilazione

Scegliere un ventilatore di portata immediatamente superiore al valore calcolato.

$$Portata\,(m^3/h) = \frac{3{,}1 \times Pn}{Ti\,max - Ta\,max}$$

Nota: soluzione da considerare solo se Ti max - Ta max > 5 °C.

b) Scambiatore aria/aria

Scegliere uno scambiatore di potenza specifica immediatamente superiore al valore calcolato.

$$Pot.\ specifica\,(W/°K) = \frac{Pn}{Ti\,max - Ta\,max}$$

Nota: soluzione da considerare solo se Ti max - Ta max > 5 °C.

c) Climatizzatore

Scegliere un climatizzatore di potenza frigorifera immediatamente superiore alla potenza necessaria (Pn).

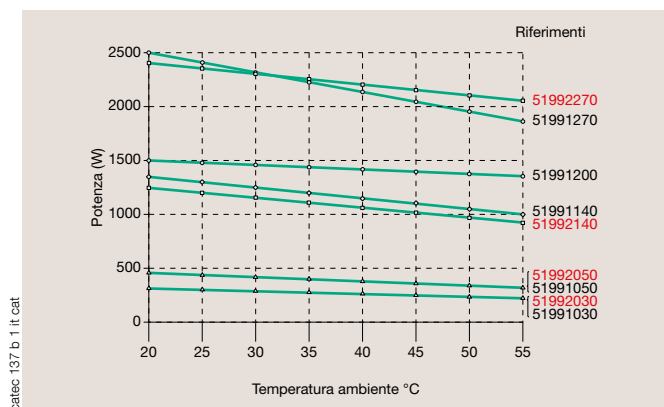
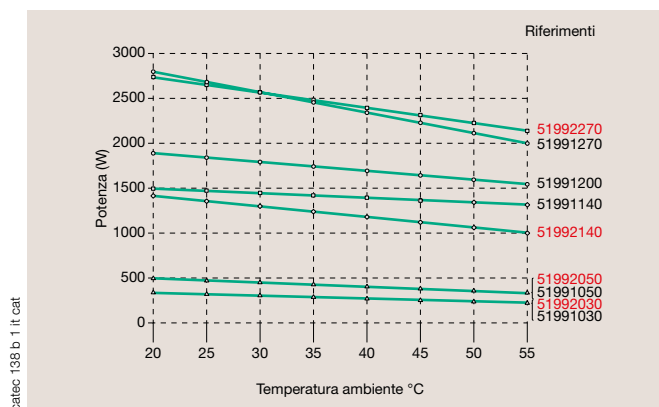
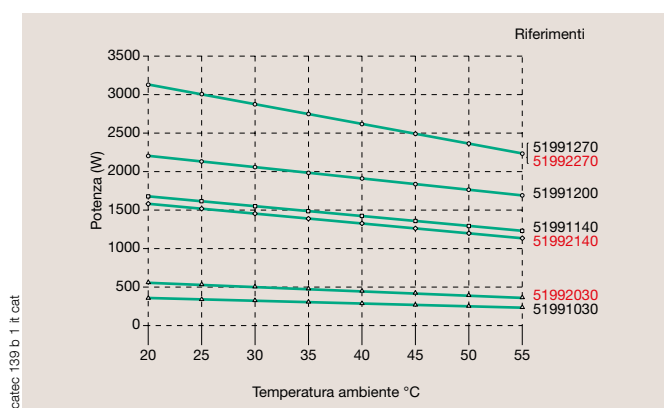
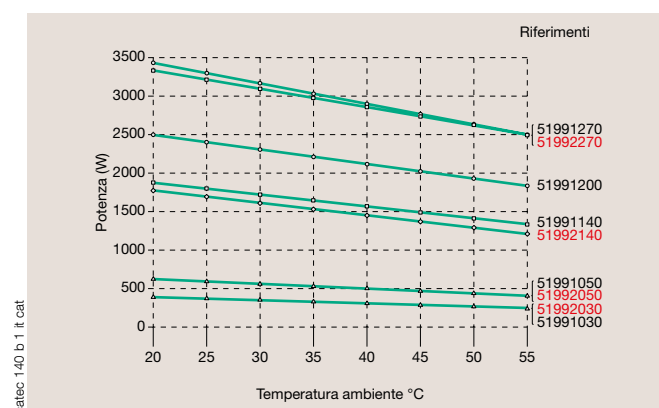
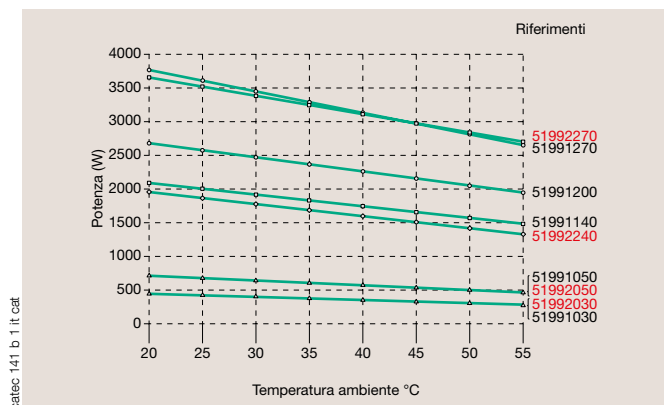
d) Resistenza di riscaldamento

Scegliere una resistenza di riscaldamento di potenza immediatamente superiore al valore calcolato.

$$Pc\,(W) = [(Ti\,max - Ta\,max) \times K \times S] - Pn$$

Scelta della climatizzazione

Le curve qui sotto determinano la scelta del climatizzatore a partire dalla temperatura mirata nell'armadio, della temperatura ambiente e della potenza necessaria *(vedere calcolo a pagina 754).*

Temperatura desiderata nell'armadio = 25 °C

Temperatura desiderata nell'armadio = 30 °C

Temperatura desiderata nell'armadio = 35 °C

Temperatura desiderata nell'armadio = 40 °C

Temperatura desiderata nell'armadio = 45 °C

Esempio

Temperatura interna max (Ti max)	25 °C
Temperatura ambiente max (Ta max)	45 °C
Potenza necessaria (Pn)	2000 W

Barre di distribuzione

Scelta del materiale delle barre

Tabella A: costanti fisiche del rame e dell'alluminio

	Rame	Alluminio
Norme	EN 1652 / NFA 51-100	HN 63 J 60, CNET 3072-1, qualità 6101T5
Tipo	**ETP-H12 (EN 1652) Cu A1 (NFA 51-100)**	**Lega Al Mg Si stagnata 15 µm**
Densità	8890 kg/m^3	2700 kg/m^3
Coefficiente di dilatazione lineare	**17 x 10^{-6} per °C (17 x 10^{-3} mm/m)**	**23 x 10^{-6} per °C (23 x 10^{-3} mm/m)**
Resistenza minima alla rottura	250 N/mm^2	150 N/mm^2
Resistività a 20 °C	**≤ 18 mW mm^2/m**	**≤ 30 mW mm^2/m**
Modulo d'elasticità	120000 N/mm^2	67000 N/mm^2

Determinazione di I_{CC} di cresta in funzione della I_{CC} efficace

Tabella B: Secondo norma IEC 61439-1

Valori efficaci della corrente di corto circuito	n
I ≤ 5 kA	1,5
5 kA < I ≤ 10 kA	**1,7**
10 kA < I ≤ 20 kA	2
20 kA < I ≤ 50 kA	**2,1**
50 kA < I	2,2

$$I_{cc} \text{ cresta} = n \times I_{cc} \text{ eff}$$

Effetto termico del cortocircuito

La corrente di cortocircuito provoca un riscaldamento delle barre. La temperatura finale della barra deve essere inferiore a 160 °C per non deteriorare il supporto della barra. Il vincolo termico deve essere tale che:

I_{CC}: corrente di cortocircuito efficace in A.
t: durata del cortocircuito (generalmente uguale al tempo di interruzione del dispositivo di protezione).
S: sezione della barra in mm^2.
K_E: coefficiente fornito dalla tabella C in funzione della temperatura Tf della barra in funzionamento normale (prima del cortocircuito).

Tabella C

Tf	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
K_E	89,2	84,7	80,1	75,4	70	65,5	60,2	54,6	48,5	41,7

Effetti elettrochimici

Per evitare eccessivi riscaldamenti dovuti ad effetti elettrochimici (corrosione), occorre evitare di collegare conduttori con potenziali elettrochimici superiori a 300 mV (vedere tabella D).

Tabella D

	Argento	Rame	Alluminio	Stagno	Acciaio	Ottone	Nickel
Argento	si	si	no	no	no	si	si
Rame	**si**	**si**	**no**	**si**	**no**	**si**	**si**
Alluminio	no	no	si	si	si	no	no
Stagno	**no**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**no**
Acciaio	no	no	si	si	si	no	no
Ottone	**si**	**si**	**no**	**si**	**no**	**si**	**si**
Nickel	si	si	no	no	no	si	si

Esempio: non si potrà collegare direttamente una barra di alluminio a una barra di rame. Occorrerà, per esempio, interporre una barra di alluminio stagnata:
- Alluminio/Stagno → SI
- Stagno/Rame → SI

Socomec presente ovunque

IN ITALIA

FIRENZE
Critical Power
Via di Rimaggio, 1
50055 Lastra a Signa (FI)
Tel. +39 05 58 792 418
Fax +39 05 58 792 712
ups.firenze@socomec.com

MILANO
Critical Power
Via Leone Tolstoi, 73 - Zivido
20098 San Giuliano Milanese (MI)
Tel. +39 02 98 242 942
Fax +39 02 98 240 723
ups.milano@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
Via Nino Bixio, 11
I - 20098 San Giuliano Milanese (MI)
Tel.+39 02 98 49 821
Fax +39 02 98 24 33 10
info.scp.it@socomec.com

PADOVA
Power Control & Safety / Energy Efficiency
Uff. Regionale Nord-Est
Via Praimbole, 3
I - 35100 Limena (Padova)
Tel.+39 04 98 843 558
Fax +39 04 90 990 841
info.scp.it@socomec.com

ROMA
Critical Power
Via Portuense 956
00148 Roma
Tel. +39 06 54 225 218
Fax +39 06 54 607 744
ups.roma@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
Uff. Regionale Centro-Sud
Via Fontana delle Rose 105
I - 00049 Velletri (Roma)
Tel. +39 06 98 960 833
Fax +39 06 96 960 834
info.scp.it@socomec.com

VICENZA
Critical Power
Via Sila, 1/3
36033 Isola Vicentina (VI)
Tel. +39 04 44 598 611
Fax +39 04 44 598 627
ups.vicenza@socomec.com
Solar Power
Via Sila, 1/3
36033 Isola Vicentina (VI)
Tel. +39 04 44 598 611
Fax +39 04 44 598 627
info.solar.it@socomec.com

IN EUROPA

BELGIO
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.be@socomec.com

FRANCIA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
dcm.ups.fr@socomec.com

GERMANIA
Critical Power
info.ups.de@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.scp.de@socomec.com

PAESI BASSI
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.nl@socomec.com

POLONIA
Critical Power / Solar Power
info.ups.pl@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.scp.pl@socomec.com

PORTOGALLO
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.ups.pt@socomec.com

REGNO UNITO
Critical Power
info.ups.uk@socomec.com
Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.scp.uk@socomec.com

ROMANIA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.ro@socomec.com

RUSSIA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.ru@socomec.com

SLOVENIA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.si@socomec.com

SPAGNA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.es@socomec.com

TURCHIA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.tr@socomec.com

IN ASIA - PACIFICO

AUSTRALIA
Critical Power / Power Control & Safety
info.ups.au@socomec.com

CINA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.cn@socomec.com

INDIA
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.in@socomec.com

SINGAPORE
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.sg@socomec.com

TAILANDIA
Critical Power
info.ups.th@socomec.com

IN MEDIO ORIENTE

EMIRATI ARABI UNITI
Critical Power / Power Control & Safety / Energy Efficiency / Solar Power
info.ae@socomec.com

AMERICA

U.S.A., IL CANADA E IL MESSICO
Power Control & Safety / Energy Efficiency
info.us@socomec.com

ALTRI PAESI

NORD AFRICA
Algeria / Marocco / Tunisia
info.naf@socomec.com

AFRICA
Altri paesi
info.africa@socomec.com

SUD EUROPA
Cipro / Grecia / Israele / Malta
info.se@socomec.com

SUD AMERICA
info.es@socomec.com

MAGGIORI DETTAGLI
www.socomec.it/worldwide

SEDE LEGALE

GRUPPO SOCOMEC
SAS SOCOMEC capital 10 772 740€
R.C.S. Strasbourg B 548 500 149
B.P. 60010 - 1, rue de Westhouse
F-67235 Benfeld Cedex - FRANCE
Tel. +33 3 88 57 41 41
Fax +33 3 88 74 08 00
info.scp.isd@socomec.com

IL VOSTRO DISTRIBUTORE

www.socomec.it